CENTRE D'ÉTUDE DES SOLS FORESTIERS DE GEMBLOUX (*)

L'humus, facteur de station dans les hêtraies acidophiles de Belgique (**)

par G. MANIL, F. DELECOUR, G. FORGET et A. EL ATTAR

(PREMIÈRE ÉTUDE). I

1. Introduction générale

La description et la cartographie des *stations* constituent deux aspects complémentaires que la typologie forestière soulève actuellement en vue d'une promotion de la sylviculture.

Le travail de la typologie forestière consiste essentiellement à établir une hiérarchie pratique parmi de multiples facteurs écologiques extra- ou intra-pédologiques.

C'est la raison pour laquelle nous avons tenu à nous livrer à une étude approfondie sur l'influence de toute une série de facteurs sur la productivité forestière, préalablement à l'utilisation de l'une ou de l'autre technique de cartographie des *stations*.

Un premier mémoire a déjà été publié (MANIL, G. *et al.*, 32). Il se bornait à présenter une première tentative méthodologique appliquée spécialement aux problèmes de l'échantillonnage pédologique en forêt.

Par rapport à cette première publication d'ensemble, ce second travail possède une portée géographique beaucoup plus vaste dans le cadre de l'Ardenne belge ; il marque également une tendance plus systématique de l'échantillonnage et fait appel à d'autres modes d'expression des résultats.

Concernant ce dernier point, nous signalons dès à présent la tendance générale de nos recherches vers l'établissement progressif de bilans énergétiques et la définition des cycles nutritifs. C'est la raison

(*) Centre subsidié par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.).

(**) Déposé à la rédaction le 22 mars 1963.

pour laquelle nous ferons un large usage de l'expression en poids par unité de surface.

Le présent travail est axé principalement sur la matière organique. Une publication ultérieure intéressera plus particulièrement les bilans nutritifs.

11. Bref rappel de la description physique du milieu ardennais.

111. *Coordonnées métriques.*

L'Ardenne belge s'inscrit entre des coordonnées extrêmes voisines de 4°8' et 6°24' E de Greenwich et 49°45' et 50°40' N.

112. *Géologie.*

L'Ardenne belge est constituée par le prolongement occidental du Massif Schisteux Rhénan à tectonique principalement hercynienne. Ses composantes lithologiques sont essentiellement des schistes, des grauwackes et des quartzites, à faciès locaux plus ou moins métamorphiques ; il s'agit donc dans l'ensemble, de roches originellement pauvres en bases, à quelques exceptions près.

Du point de vue stratigraphique, ces roches s'étalent depuis le Cambrien jusqu'aux assises supérieures de l'Eodévonien.

113. *Topographie.*

Le massif ardennais se présente comme un ensemble fortement pénéplané, mais soumis actuellement à une dissection énergique par une série de cours d'eau dont les plus importants sont la Vesdre, l'Amblève, la Lesse, l'Ourthe, la Semois, sans oublier la Meuse ardennaise.

Le paysage ardennais se caractérise par de multiples niveaux d'aplanissement disposés en gradins et dont les plus anciens sont probablement secondaires (Macar, P. et Alexandre, J., 25).

Trois lignes de crêtes traversent le massif ardennais. La première au Nord, part de la Croix-Scaille (504 m), passe par le Massif de St-Hubert-Nassogne (585 m), la Baraque Fraiture et le Plateau des Tailles (650 m), pour aboutir au plateau des Hautes Fagnes (Baraque Michel 672 m et Signal de Botrange - 694 m). La seconde, parallèle à la première part de Bouillon (432 m), passe par Neufchâteau (518 m), puis par le Sud de Bastogne (543 m) pour atteindre St-Vith (540 m). La troisième s'amorce sur les hauteurs de la forêt d'Anlier et se prolonge par la ligne des plateaux de l'Eifel, à cheval sur la frontière belgo-allemande.

Au point de vue altitude, on subdivise l'Ardenne en trois niveaux :

— Haute Ardenne, au-dessus de 450 m ;
— Moyenne Ardenne, de 350 à 450 m ;

— Basse Ardenne, de 250 à 350 m.

Ces trois niveaux altitudinaux se marquent également dans les domaines climatique, phytosociologique et forestier.

114. *Climat.*

L'Ardenne jouit d'un climat d'altitude à tendance maritime, mais caractérisé par de brusques changements et de grandes variations de température. La température moyenne annuelle est de 7°,2. L'amplitude des variations thermiques est de 9° à 11° (diurnes), de 16° (annuelles), et de 66° (extrêmes). Le nombre de jours de gelée varie de 90 à 160, avec une fréquence élevée des gelées hâtives et tardives.

Les précipitations sont fortes, de l'ordre de 1.000 à 1.200 mm annuellement, avec deux noyaux de précipitations plus élevées entre 1.200 et 1.400 mm, celui de l'Ardenne orientale et septentrionale des Hautes Fagnes, et Plateau des Tailles, et celui de l'Ardenne occidentale de la Croix-Scaille auquel se joint la partie plus méridionale du Plateau de Bertrix-Paliseul.

Ces deux zones sont séparées, en Ardenne centrale par le bassin de l'Ourthe où la pluviosité n'atteint plus 1.000 mm.

Dans l'Ardenne occidentale, la distribution est plus régulière, en dehors du minimum de printemps.

12. Aperçu phytogéographique et phytosociologique.

Les hêtraies acidophiles de l'Ardenne font partie dans leur ensemble de l'alliance du *Luzulo-Fagion* Lohm et R. Tx (Tüxen, 43) et relèvent de l'association du *Luzulo-Fagetum boreoatlanticum* (Noirfalise, A., 35).

Les phytosociologues belges reconnaissent quatre types de hêtraies :

1° La hêtraie à grande fétuque (*Festuca silvatica*) : *Luzulo-Fagetum-festucetosum.*

2° La hêtraie humide à luzule blanche (*Luzula nemorosa*) : *Luzulo-Fagetum-caricetosum.*

3° La hêtraie typique à luzule blanche : *Luzulo-Fagetum-typicum.*

4° La hêtraie à myrtille : *Luzulo-Fagetum-vaccinietosum.*

A ces quatre types, il faut joindre un cinquième qui englobe des hêtraies médiocres, à peu près dépourvues de luzule et fortement envahies par la canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*) et par la myrtille (*Vaccinium myrtillus*). Cette formation occupe généralement des sites à sol plus ou moins podzolique. D'après Noirfalise, il s'agit d'un faciès enrichi en hêtre de la chênaie sessiliflore à bouleau (*Quercetum sessiliflorae-Betuletum*).

13. Influence humaine.

Depuis de nombreux siècles et certainement depuis le Bas Moyen-Age (Hoyois, G., 8) les forêts étaient livrées à toutes les pratiques agro-sylvicoles qui amènent le cultivateur des terrains pauvres à recueillir un complément de ressources aux dépens des aires boisées, par l'essartage, le soutrage, le pâturage, etc.

L'influence spoliatrice de ces pratiques se marque encore de nos jours autour des villages.

Au cours des siècles, la politique des grands propriétaires ecclésiastiques et laïques fut de soustraire le plus possible leurs domaines à ces activités désordonnées.

D'où est apparue la distinction d'origine très ancienne entre les forêts banales et les forêts réservées.

Et cette distinction se lit encore fréquemment de nos jours dans les paysages forestiers. Les forêts banales se sont appauvries progressivement et se sont transformées insensiblement en landes-sarts plus ou moins buissonnantes sur lesquelles ont été installées, il y a quelques décades, une part importante des plantations d'épicéas de l'Ardenne.

Les forêts réservées ont connu le régime du taillis sous futaie qui correspondait à une politique forestière axée sur le chêne. Les besoins du charbonnage, imposés par une multitude de petites industries métallurgiques locales ont amené une sur-exploitation telle qu'est apparue la nécessité d'assurer une période de repos.

Et c'est cette période de repos qui a permis au hêtre de reprendre possession de son domaine naturel.

14. Répartition générale des hêtraies.

C'est en Haute Ardenne, sur les plateaux d'altitude supérieure à 450 m, que les hêtraies acidophiles occupent de nos jours les surfaces les plus étendues.

En Moyenne Ardenne, entre 350 et 450 m, les hêtraies sont encore importantes sur les plateaux et sur les versants ombragés.

En Basse Ardenne, ces forêts deviennent rares et localisées sur les pentes fraîches.

15. Division du présent travail.

La publication comporte les parties suivantes :

— la première partie sera consacrée à la description pédologique des *stations* selon une doctrine et des techniques d'échantillonnage et d'analyse qui seront justifiées. Elle se terminera par des données syn-

thétiques sur la classification des humus forestiers, en tant que *facteur de station.*

— la DEUXIÈME PARTIE donnera les informations nécessaires à la description botanique et forestière des *stations.*

— la TROISIÈME PARTIE exposera quelques relations entre les caractères pédologiques et les qualités forestières des *stations.* Cette partie servira, en quelque sorte, de conclusion à l'ensemble du travail ; elle apportera également un certain nombre de déterminations qui n'avaient pas à trouver place dans les deux premières parties.

2. PREMIÈRE PARTIE

Description pédologique des stations d'étude

21. CADRE GÉNÉRAL DES RECHERCHES — BUT IMMÉDIAT ET BUT FINAL.

Les observations reproduites ci-après s'intègrent dans un ensemble de recherches dont les buts immédiat et final se définissent comme suit :

Le *but immédiat* est de présenter un ensemble d'observations sur une série de *stations* de hêtraies peu dégradées, destinées à servir de *stations de référence* pour la poursuite des recherches.

Le *but final* présente deux aspects :

Le premier, principalement poursuivi dans ce travail, se caractérise par sa tendance écologique et pratique. Il vise à déterminer les facteurs édaphiques influençant ou manifestant réellement l'état de fertilité ou de productivité des sols forestiers. Il tend à préciser ceux parmi les facteurs qui se prêtent le mieux à la cartographie des *stations.* Il cherche également à définir les propriétés du sol sur lesquelles le forestier peut éventuellement agir économiquement, spécialement dans le cas de sols dégradés ou de forêts artificielles.

Le second aspect du but final est plus spéculatif mais intimement lié au premier. Il s'intéresse à la définition objective des propriétés *pédoclimaciques* caractérisant les *écosystèmes* que constituent nos différentes *stations* d'étude.

Subsidiairement, ce travail doit servir à compléter une définition à caractère biodynamique d'un grand groupe de sols spécialement intéressant pour les problèmes qu'il pose, le groupe des *sols bruns acides* (*).

(*) Ce groupe a été dénommé groupe des sols bruns forestiers oligotrophes dans des publications précédentes (MANIL, G. et PECROT, A., 33 ; MANIL, G. et AVRIL, P., 30).

22. Méthodologie de la recherche et techniques d'échantillonnage et d'analyse.

La méthodologie se résume en trois points essentiels :

a) Choix de l'humus en tant que facteur de *station*.
b) Utilisation des *stations* de référence avec la définition d'un certain nombre de leurs propriétés.
c) Considération de différents niveaux d'observations.

221. *Choix de l'humus en tant que facteur de station.*

Dans deux études précédentes, (Manil, G., 28, 29) nous avons tenté de justifier l'utilisation de l'humus en tant que facteur de *station*.

Nous avons rappelé en fait que l'humus intègre dans ses propriétés l'influence de tous les facteurs écologiques, connus ou inconnus. Au même titre que la végétation naturelle, il apparaît comme une caractéristique générale de tout écosystème considéré.

Il y a de très nombreuses façons d'aborder l'étude de l'humus. Au stade actuel de nos recherches, nos investigations se poursuivent à l'aide de déterminations chimiques relativement simples donnant un *aspect statique* de la matière organique. *L'aspect dynamique* sera abordé ultérieurement lors d'études spécialisées sur l'économie en azote des sols ardennais.

La détermination d'effets globaux ou intégrateurs ne doit pas nous dispenser de travaux ultérieurs sur certains facteurs écologiques particuliers.

Toutefois dans le cas des sols ardennais, il ne nous est pas apparu indispensable d'aborder en premier lieu l'examen de certains facteurs physiques auxquels on s'accorde à donner une grande importance en écologie forestière.

C'est ainsi, qu'en première approximation, nous pouvons négliger le facteur humidité. Car dans les régions qui nous intéressent, l'évapotranspiration est en général inférieure aux précipitations, selon les données fournies par J. Calembert (5).

Les autres facteurs physiques de structure et de porosité ne nous paraissent pas non plus devoir être étudiés en premier lieu. Les *Sols bruns acides* de l'Ardenne sont en général très caillouteux et doués d'une structure finement grumeleuse ou granulaire à grande résistance physicochimique, qui garantit généralement une bonne porosité.

Nous caractérisons l'humus par les propriétés suivantes :

a) *Les propriétés macro- et micromorphologiques.*

b) *La teneur en éléments totaux*, carbone conventionnel suivant la technique SPRINGER et KLEE et azote suivant KJELDAHL.

c) *L'étude fractionnée de l'humus*, par le réactif fluorhydrique (NaF à 1,5 %) selon la méthode de SIMON adaptée par LAUDELOUT et D'HOORE (22).

La fraction totale soluble sera désignée par MHT (matières humiques totales). Elle comprend deux parties. La première correspond aux matières organiques précipitables par l'ion H en milieu sulfurique (MHP). Elle correspond approximativement aux « *acides humiques* », mais à l'exclusion de ceux qui sont complexés par les colloïdes minéraux. La deuxième partie, non précipitable par l'ion H (MHNP), comporte essentiellement les « *acides fulviques* ». Pour certaines études spéciales, nous faisons également appel au fractionnement selon TIURIN (42).

d) *Les propriétés d'acidité.*

Nous déterminons le pH eau, le pH KCl, l'hydrogène échangeable MEHLICH (34), mais avec adaptation pour les horizons holorganiques, la technique de percolation ne s'appliquant pas dans ce cas, l'aluminium échangeable suivant la méthode de SPRAIN et BANKS (41) adaptée aux cas des extraits de sol.

e) *Certains aspects de la dynamique des éléments nutritifs*, par la détermination de Na, K, Ca, Mg et P s'ajoutant aux analyses déjà signalées de l'azote total. Dans le présent travail, il n'est fait état que de données concernant les couches holorganiques de surface. Celles-ci sont analysées au départ des cendres. Dans les filtrats, Na, K et Ca sont déterminés par photométrie de flamme ; Mg, par colorimétrie au jaune de thiazol et P par céruléomolybdymétrie.

222. *Utilisation de stations de référence.*

L'utilisation de stations de référence se justifie par le fait suivant : dans l'état actuel de nos connaissances sur l'édaphologie forestière, il nous paraît difficile de définir les propriétés pédologiques d'une manière absolue quand on recherche un but écologique.

Nous partons de *stations* les moins dégradées possible pour aborder progressivement l'étude de sites forestiers profondément marqués par l'influence humaine comme les vieux taillis, les landes-sarts ou les plantations de résineux, dont le forestier désire augmenter la productivité.

Sauf un cas spécial, les *stations* dont il sera fait mention sont relativement naturelles à l'échelle de l'Ardenne. L'état d'équilibre qu'elles

manifestent se trouve encore pour une large part sous l'influence de facteurs naturels comme le climat régional, le climat local, la lithologie et la topographie, malgré une influence humaine active au cours des siècles passés.

Mais il faut toutefois tenir compte d'un facteur signalé par la plupart des forestiers, celui d'un certain excès de gibier qui joue un rôle non négligeable sur la répartition actuelle des strates végétales.

C'est en tenant compte des restrictions évoquées par les considérations précédentes que les concepts de *climax* ou de *biocénoses* naturelles seront utilisés par la suite.

Rappelons d'ailleurs que la définition pédologique des *climax* et des *biocénoses* a déjà fait l'objet d'une première mise au point antérieure (MANIL, G., 27).

223. *Les niveaux d'observation.*

223.1 Définition des niveaux.

Les amplitudes de variation des facteurs écologiques sont relativement faibles à travers tout le territoire des Ardennes. Comme nous l'avons signalé, tout le travail se situe au sein du groupe des *sols bruns acides*, dans des conditions climatiques et lithologiques apparaissant assez uniformes à première vue.

Mais en fait, la sévérité du climat et la pauvreté générale des sols en éléments chimiques ont pour conséquence que les moindres variations écologiques peuvent avoir des répercussions importantes, et sur les propriétés du sol imposées par la biodynamique, et sur la productivité forestière.

Pour une interprétation correcte des résultats, nos études antérieures ont montré qu'il est nécessaire de retenir plusieurs niveaux d'observations.

Pratiquement, nous considérons les niveaux suivants :

a) Le niveau « *région* » dépendant du climat régional. Dans les généralités, nous avons signalé l'existence de nuances climatiques non négligeables intéressant l'importance et la répartition des pluies, la température et spécialement le nombre de jours de gelée et les durées d'insolation.

b) Le niveau « *secteur* » correspondant, dans une même *région*, aux différents complexes lithologiques. Il faut se rappeler que le substrat géologique est partout constitué de schistes et de quartzites du Dévonien inférieur ou du Cambrien. Cette apparente constance du facteur lithologique s'accompagne toutefois de variations écologiques notables que

le forestier a soulignées de longue date, et que le pédologue se doit d'expliquer.

c) Le niveau « *station* » est le niveau biocénotique proprement dit, par convention, dans le cadre de nos travaux. Il est déterminé sur la base de la carte phytosociologique dressée par le Centre de Cartographie de la Végétation (IRSIA) et selon les indications précises des spécialistes (*).

Les *stations* sont réparties le plus possible en séquences topographiques qui sont en réalité plutôt des topo-climoséquences. On cherche également à étudier parallèlement des *stations* botaniquement homologues sur chacun des *secteurs* choisis.

Par définition, chaque *station* est donc considérée comme une entité biocénotique.

Conventionnellement, la superficie des *stations* est provisoirement fixée à six ares, c'est-à-dire, à la surface minimum exigée pour la détermination de la productivité selon la méthode DAGNELIE (DAGNELIE, P., 7, 8, 9) dont il sera question dans la seconde partie du travail.

d) Le niveau « *plage* ». Ce niveau tient compte de l'hétérogénéité naturelle des sols forestiers qui avait été bien mise en évidence par nos études antérieures (MANIL, G. *et al.*, 32 ; DAGNELIE *et al.*, 10).

Les recherches précédentes avaient été faites sur la base d'un échantillonnage fait au hasard. Elle avaient montré que l'amplitude de la variation des propriétés édaphiques pouvait être grande, même au sein de petites surfaces considérées globalement comme homogènes.

Pour le travail en cours nous avons préféré nous livrer à un échantillonnage plus systématique en choisissant les parcelles de prélèvement dans les *plages* végétales quantitativement les plus importantes et sur les aires dépourvues de végétation herbacée que nous appelons par convention, *plages à sol nu*. Nous avons négligé toutefois les abords immédiats des fûts qui sont souvent fortement lessivés par l'eau découlant le long des troncs.

223.2 Données géographiques sur la répartition des trois niveaux supérieurs.

Six *régions* sont actuellement en voie de prospection. Les cinq premières se situent sur la première crête ardennaise. Ce sont respective-

(*) Nous remercions très cordialement le Professeur A. NOIRFALISE et ses collaborateurs MM. N. SOUGNEZ et A. THILL pour la nouvelle aide apportée au choix des stations faisant l'objet de la présente étude.

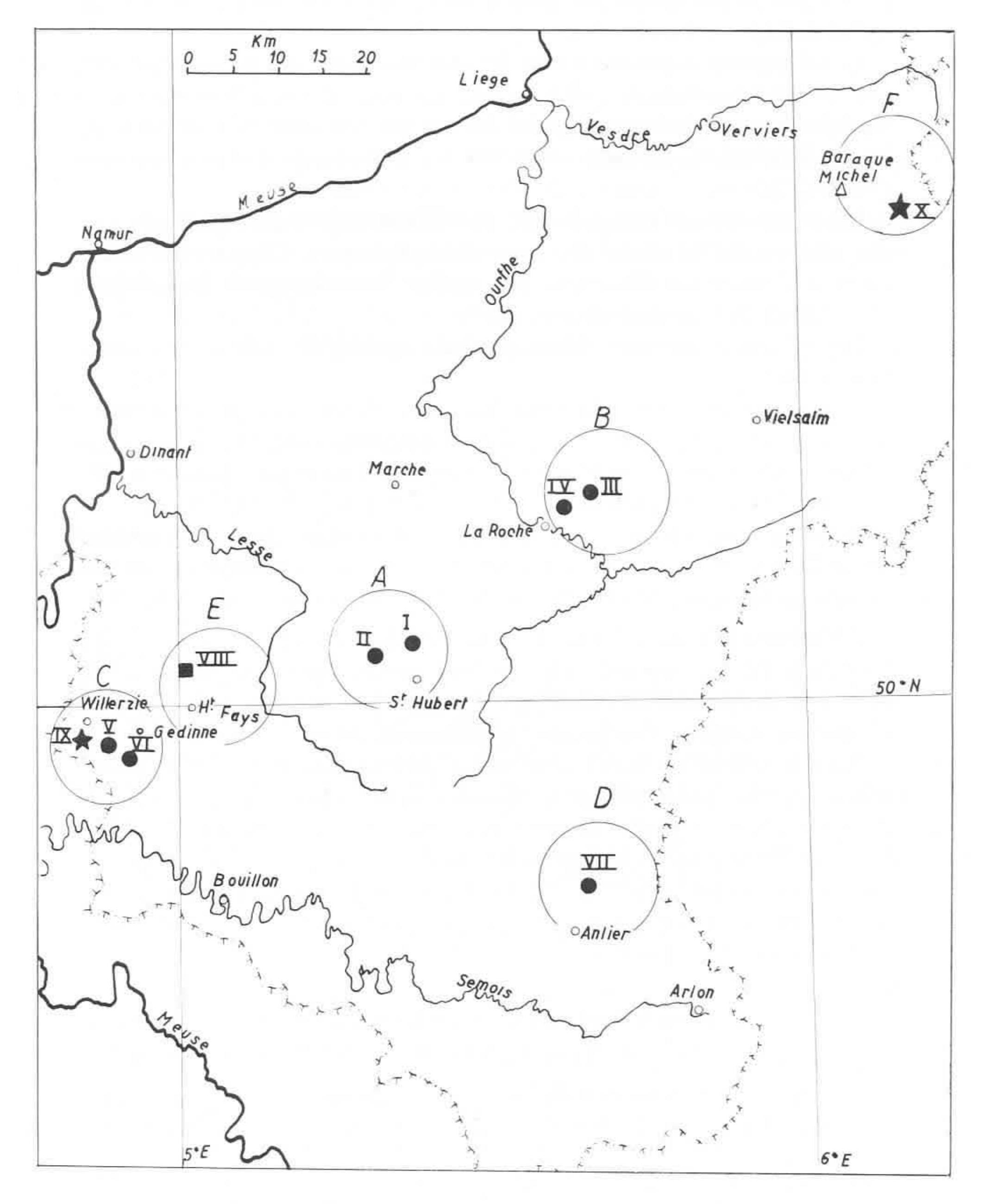


Fig. 1. — Situation géographique des différentes *régions.*

Abb. 1. — *Geographische Situation der verschiedenen Gegenden.*

Fig. 1. — *Geographical situation of the different regions.*

ment, en allant d'Est en Ouest, le Massif de la Baraque Michel, le Plateau des Tailles, le Plateau de St-Hubert-Nassogne, le Massif de Haut-Fays, le Massif de la Croix Scaille. La sixième *région*, celle de la forêt d'Anlier se trouve sur la crête méridionale. (fig. 1).

L'exposé suivant concerne principalement la *région* de St-Hubert-Nassogne qui a l'avantage de présenter le plus grand nombre de types phytosociologiques de hêtraies.

Dans cette *région*, deux *secteurs* sont retenus, le premier sur les complexes schisto-gréseux du Siegenien inférieur et moyen, le second, sur les schistes siliceux du Gedinnien.

Le tableau n° 1 résume les principales caractéristiques des *stations* étudiées.

Légende

○ Localités.
△ Signal géodésique.
● *Secteurs* comportant uniquement des hêtraies.
■ *Secteurs* comportant des *stations* couplées hêtraies-taillis.
★ *Secteurs* comportant des *stations* couplées hêtraies-pessières.

Régions :
A : plateau de St-Hubert-Nassogne
B : plateau des Tailles
C : massif de la Croix-Scaille
D : massif de la forêt d'Anlier
E : massif de Haut-Fays
F : massif de la Baraque Michel

Secteurs :
I : Siegenien de St-Hubert
II : Gedinnien d'Arville
III : Gedinnien de Samrée
IV : Siegenien de la Roche-en-Ardenne
V : Revinien de Rienne
VI : Gedinnien de Louette-St-Pierre
VII : Siegenien d'Anlier
VIII : Gedinnien de Haut-Fays
IX : Gedinnien de Willerzie
X : Gedinnien de Butgenbach

TABLEAU 1

Caractéristiques générales des STATIONS d'étude de la RÉGION de St-Hubert

Allgemeine Charakteristiken der Versuchsstationen aus der Gegend von St-Hubert

General characteristics of the sites studied in the St-Hubert region

Secteur siegenien de St-Hubert	*Secteur* gedinnien d'Arville	Phytosociologie (*)
Station 1 Sg2 - 20°N - 369 m *mull acide* (**)	*Station 6* G2b - 30°N - 339 m *mull acide*	*Luzulo-Fagetum* S. ass. à *Festuca silvatica* var. à fougères et *Lamium galeobdolon*
Station 2 Sg2 - 15°N - 401 m *moder mulleux*	*Station 7* G2b - 5°NW - 358 m *moder mulleux*	*Luzulo-Fagetum* S. ass. à *Festuca silvatica* var. à *Milium effusum* & *Anemone nemorosa*
Station 3 Sg2 - 5-10°N - 452 m *moder mulleux*	*Station 8* G2b - 2°NW - 357 m *moder mulleux*	*Luzulo-Fagetum* S. ass. à *Festuca silvatica* variante typique
Station 4 Sg1 - 5°W - 487 m *moder avec microgley*	*Station 9* G2b - 3°SSE - 431 m *moder*	*Luzulo-Fagetum* S. ass. typique variante typique
Station 5 Sg1 - 2°W - 545 m *dysmoder climacique*		*Luzulo-Fagetum* S. ass. à *Vaccinium myrtilllus*
	Station 10 G2b - 15°NW - 358 m *dysmoder* de pente	*Luzulo-Fagetum* S. ass. à *Festuca silvatica* var à *Polytrichum formosum* & *Carex pilulifera*
	Station 11 G2b - 2°NW - 369 m *mull acide*	*Luzulo-Fagetum* S. ass. à *Festuca silvatica* var. à *Poa Chaixii* & *Deschampsia caespitosa*
	Station 12 G2b - 3°S - 407 m *dysmoder subclimacique* en tendance *mor*	*Vaccinio-Fagetum* variante typique

(*) Types phytosociologiques définis par MM. N. SOUGNEZ et A. THILL, du Centre de Cartographie de la Végétation (I.R.S.I.A.).

(**) Pour chaque *station*, nous citons successivement : l'assise géologique, le degré de pente et l'exposition, l'altitude et le type d'humus, défini par les tendances les plus générales.

Le graphique 2 esquisse la position topographique des 12 *stations* examinées dans la *région* de St-Hubert, avec leur orientation.

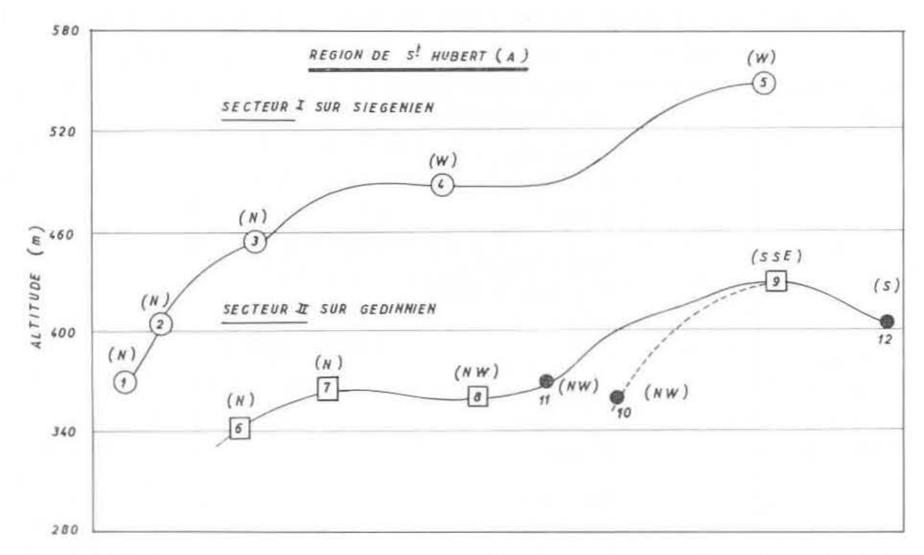


Fig. 2. — Situation topographique des *stations* d'étude de la *région* de St.-Hubert. L'exposition générale de chaque *station* est donnée entre parenthèses.

Abb. 2. — *Topographische Lage der Untersuchungsstationen aus der Gegend von St.-Hubert. Die allgemeine Orientierung jedes Standortes ist in Klammern angegeben.*

Fig. 2. — *Topographical situation of the different sites studied in the St.-Hubert region. The general exposure of each site is given between brackets.*

Les *stations* de 1 à 5 sont situées en une topo-climoséquence. Il en est plus ou moins de même pour les *stations* 6, 7, 8 et 9 qui sont phytosociologiquement homologues des quatre premières *stations* de la séquence précédente, au point de vue de la légende cartographique.

Les *stations* 10 et 11 représentent des cas spéciaux et géographiquement limités.

La *station* 12 est une portion d'une étendue à exposition sèche, naturellement défavorable, fortement marquée par l'essartage et une longue exploitation en taillis. Elle se trouve dans la zone dégradée autour du village d'Arville.

Le tableau n° 2 donne la répartition des *plages* échantillonnées par *station* et le degré relatif de recouvrement déterminé par mesure directe selon la technique développée dans la DEUXIÈME PARTIE.

224. *L'échantillonnage pédologique.*

Deux types d'échantillons ont été prélevés, sur la base d'observations sur le terrain.

TABLEAU 2

PLAGES échantillonnées et recouvrements relatifs dans la RÉGION de St-Hubert (*)

Analysierte Vegetationsflächen und ihre relative Bedeckung in der Gegend von St-Hubert

Sampled plant spots and their relative covering in the St-Hubert region

Secteurs	*Stations*	*Plages* échantillonnées.en double exemplaire	Recouvrement
Secteur Siegenien de St-Hubert	1	*Festuca silvatica*	31,5 %
		Polytrichum formosum	5,0
		Sol nu	39,4
	2	*Festuca silvatica*	12,1
		Polytrichum formosum	7,9
		Sol nu	68,8
	3	*Festuca silvatica*	5,3
		Polytrichum formosum	18,5
		Luzula albida	4,9
		Sol nu	62,2
	4	*Polytrichum formosum*	2,2
		Luzula albida	15,8
		Sol nu	81,7
	5	*Luzula albida*	5,6
		Vaccinium myrtillus	12,3
		Sol nu	69,3
Secteur Gedinnien d'Arville	6	*Festuca silvatica*	50,9
		Dryopteris Filix-mas	21,0
	7	*Festuca silvatica*	24,9
		Sol nu	63,9
	8	*Festuca silvatica*	10,7
		Polytrichum formosum	2,1
		Luzula albida	0,1
		Sol nu	86,6
	9	*Polytrichum formosum*	3,3
		Luzula albida	0,8
		Sol nu	85,1
	10	*Polytrichum formosum*	5,2
		Sol nu	94,1
	11	*Festuca silvatica*	59,1
		Poa Chaixii	8,2
		Deschampsia caespitosa	2,1
		Sol nu	16,1
	12	*Vaccinium myrtillus*	15,4
		Sol nu	80,4

(*) Les données complètes concernant le recouvrement de toutes les espèces de la strate herbacée figurent au tableau 38, page 79.

a) Échantillons d'identification lithologique et pédogénétique, à l'aide d'un profil par *station*, de 1,25 m de profondeur, chaque fois qu'il était possible d'atteindre ce niveau.

b) Échantillons d'intérêt biodynamique, sur une profondeur standard de 0,50 m, avec prélèvement par horizons fonctionnels dans chacune des *plages* prises en double, et selon le schéma suivant :

H1 = F : horizons holorganiques A_0,
H2 = H : horizon holorganique H quand il est effectivement prélevable,
H3 = A11 : horizon hémorganique principal,
H4 = A12 : frange de diffusion inférieure du A1,
H5 = A3 ou (B1)
H6 = généralement (B2),
H7 = (B3) ou C.D.

Pour les profils atteignant 1,25 m de profondeur, nous distinguons en outre deux horizons supplémentaires, H8 et H9, éventuellement H10, correspondant à des subdivisions du C ou du D.

La profondeur standard de 0,50 m se justifie pour les deux raisons suivantes. Premièrement, il se présente fréquemment que le solum se limite effectivement aux environs de la profondeur sus-mentionnée. Secondement, la dilution des matières organiques devient telle sous ce niveau que les dosages sont rendus très aléatoires.

Rappelons que toutes nos investigations se font au sein du groupe des *sols bruns acides*.

Les types d'humus oscillent autour du groupe des *moder*, depuis les *mull acides* jusqu'aux *dysmoder* ou même *mor*. Un essai de définition de ces familles d'humus sera proposé dans les conclusions de la PREMIÈRE PARTIE.

Il y a présence constante d'horizons holorganiques Ao, sous forme d'une couche de fermentation F de 1 à plusieurs cm d'épaisseur, reposant parfois sur une couche humique H généralement fine, de 0,5 à 1 cm.

Les horizons A1 sont souvent très minces, de 2 à 5 cm d'épaisseur sauf quelques exceptions dans le cas de *mull acides* particulièrement typiques. Leurs limites inférieures sont souvent nettes.

L'horizon H4 est presque partout réduit à une mince couche de diffusion de quelques cm de puissance.

L'horizon H5 a généralement une teinte encore marquée par une certaine imprégnation de matières organiques.

Les horizons H6 et H7 se distinguent entre eux par des variations dans la colonisation radiculaire qui produit des différences de structure.

La structure finement grumeleuse ou granulaire qui caractérise le plus souvent les *sols bruns acides* tend à s'affaiblir au niveau de H7.

Nous renvoyons à des publications antérieures pour plus de renseignements physico-chimiques et morphologiques concernant les formations pédologiques ardennaises. (PECROT, A. et AVRIL, P., 38 ; HANOTIAUX, G., 16 ; MANIL, G. et HANOTIAUX, G., 31 ; DELECOUR, F. et MANIL, G., 11, 12).

225. *Expression des résultats.*

Dans l'introduction, nous avons signalé que nous ferions surtout usage dans ce travail de l'expression *en poids par surface*. En cela, nous partons d'une conception énergétique qui tient compte du fait que l'énergie solaire incidente se mesure par unité de surface.

Toutefois, nous retenons également dans le cadre écologique de cette publication, l'expression *en poids par terre fine* quand nous soupçonnons que la concentration dans le milieu accessible aux racines possède une importance en elle-même. Ce sera le cas, par exemple, pour l'hydrogène et l'aluminium échangeables, dont il sera question ultérieurement.

Toutefois, il apparaîtra en plusieurs endroits le souci de comparer ces deux modes précédents entre eux.

Un problème dont la grande importance nous est apparue en cours de route se précise comme suit : Quelle est exactement l'influence de la fraction grossière, et principalement la fraction granulométrique supérieure à 2 mm, sur la dilution des composés organiques au sein des horizons minéraux ? Cette fraction grossière oscille entre 30 et 80 % dans nos sols. Nous nous proposons de déterminer ultérieurement, si la matière organique se répartit, ou non, d'une manière inversément proportionnelle à la quantité de terre fine.

23. EXAMEN DE QUELQUES RÉSULTATS.

231. *Calcul des résultats en poids par surface.*

Pour obtenir ce mode d'expression, il a fallu tenir compte des éléments suivants :

- — étendues relatives des *plages* par *station* déterminées soigneusement par mesure directe,
- — épaisseur relative des horizons par profil,
- — teneur moyenne en terre fine des profils,
- — densité apparente moyenne des horizons homologues considérés par *station*.

Concernant ce dernier point, plusieurs techniques utilisées donnent les valeurs moyennes suivantes :

— horizons hémorganiques A1, densité apparente de 0,7 à 1,2,
— horizons minéraux supérieurs, de 1,1 à 1,3,
— horizons minéraux inférieurs, de 1,2 à 1,5 jusqu'à la profondeur de 0,50 m.

232. *Granulométrie.*

232.1 Exposé des résultats.

Les sols étudiés sont en général très caillouteux. Le tableau n° 3 donne le pourcentage moyen des dépôts meubles en fraction grossière de dimension supérieure à 2 mm.

TABLEAU 3

Teneur moyenne en éléments supérieurs à 2 mm (fraction caillouteuse) en poids de sol séché à l'air

Mittleres Steingehalt (Durchmesser über 2 mm) des lufttrockenen Bodens

Average gravel and stone content (diameter over 2 mm) of air-dried soil

Secteurs	*Stations*	Cailloux %
Siegenien de St-Hubert	1	58.0
	2	45.1
	3	57.3
	4	32.4
	5	63.0
Gedinnien d'Arville	6	66.7
	7	53.1
	8	51.7
	9	56.6
	10	57.0
	11	50.0
	12	55.2

Nous constatons par différence que la teneur en terre fine est généralement inférieure à 50 % du poids total du dépôt séché à l'air.

Le tableau n° 4 donne les teneurs en argile (0 à 2μ) des sols classés par *station*.

TABLEAU 4

Teneur en argile, % de terre fine

Tongehalt, % Feinerde

Clay content, % fine earth

Secteurs	Horiz.	*Stat.* homol. dans les 2 *sect.*				*Stations* sans homologues		
		1	2	3	4	5		
Siegenien de St-Hubert	H4	17.4	17.0	17.5	22.3	18.9		
	H5	17.4	17.6	18.9	23.2	20.9		
	H6	18.0	17.8	19.4	24.2	22.0		
	H7	17.8	17.3	18.5	23.3	20.7		
	H8	6.0	9.7	19.4	18.6	30.2		
	H9	6.6	—	22.1	21.4	—		
		6	7	8	9	10	11	12
Gedinnien d'Arville	H4	14.0	15.3	13.3	19.7	18.0	12.7	15.2
	H5	13.9	15.6	14.3	18.6	17.7	13.3	19.1
	H6	12.3	14.9	15.9	14.2	19.6	13.5	15.3
	H7	10.3	14.3	13.5	15.2	17.3	14.2	13.9
	H8	12.5	10.0	22.5	4.5	6.2	10.1	20.8
	H9	—	19.9	22.5	7.7	6.7	—	19.1
	H10	—	—	—	—	—	—	11.0

Le diagramme triangulaire (fig. 3) résume les différences granulo métriques entre les *secteurs*.

232.2 Observations.

1° D'une manière générale, le *secteur* de St-Hubert sur Siegenien est plus argileux surtout dans la partie supérieure du profil.

Dans tous les cas, les teneurs en cailloux sont considérables.

2° Dans chacun des deux *secteurs*, la teneur en argile tend à augmenter depuis le bas des versants jusqu'aux replats des interfluves.

3° La partie la plus profonde des profils varie suivant les *secteurs* et les *stations*. Les profils de bas des pentes ont des sous-sols très sableux, de désagrégation physique (congélifraction périglaciaire). Mais dès que la pente devient suffisamment faible, la partie inférieure apparaît marquée d'empreintes paléo-pédologiques, différentes d'un *secteur* à l'autre.

Sur Siegenien, apparaissent des formations peu perméables marquées de *pseudo-gley* et de *marmorisation* qui s'apparentent au « *fragipan* » des auteurs américains.

Sur Gedinnien (Arville), dans la *région* étudiée, le sous-sol demeure beaucoup plus perméable, même en plateau. Dans ce dernier cas, les cailloux sont empâtés dans des dépôts argilo-limoneux de teinte plus vives que les couches sus-jacentes.

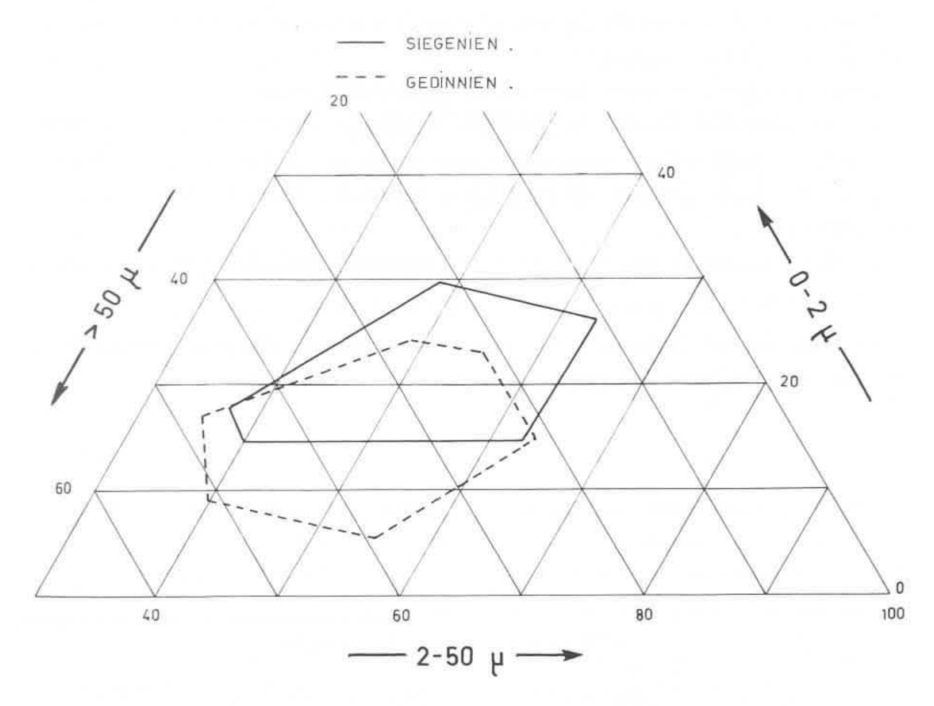


Fig. 3. — Granulométrie de la terre fine. Diagramme triangulaire.
Le trait continu délimite la zone couverte par les échantillons du *secteur* Siegenien, le trait interrompu, la zone couverte par les échantillons du *secteur* Gedinnien.

Abb. 3. — *Korngrössenverteilung der Feinerde. Dreieckdiagramm.*
Die Vollinie begrenzt den Sektor Siegen, die Strichlinie den Sektor Gedinne.

Fig. 3. — *Grain size distribution of fine earth. Texture triangle.*
The full line surrounds the area corresponding to the Siegenian sector, the dotted line the area corresponding to the Gedinnian sector.

Il est remarquable de noter que ce qui correspond à l'horizon C ou D des profils appartient souvent à une nappe de solifluction plus ancienne que celle dans laquelle se trouve le solum.

Des observations systématiques sur les dépôts meubles ardennais ont fait l'objet précédemment d'une publication spéciale. (Manil, G., 26)

4° Deux exceptions intéressantes à la seconde loi précitée : la *station* 11 de pente faible est relativement sableuse ; par contre, la *station* 10 de forte pente est un peu plus argileuse que ne le laisserait supposer

sa situation topographique. Toutes deux présentent d'ailleurs des particularités phytosociologiques pour l'ensemble de la *région*.

233. *La matière organique totale, en carbone et azote.*

233.1 Les problèmes étudiés.

Ces propriétés sont de la plus haute importance en tant que caractéristiques biocénotiques.

Deux problèmes nous intéressent particulièrement :

1° La quantité totale de matières organiques exprimées en carbone et azote, actuellement accumulée par unité de surface en considérant l'épaisseur totale étudiée du profil, y compris les horizons holorganiques de surface.

2° Les variations du rapport C/N exprimé globalement par *station*.

233.2 Exposé des résultats.

Le tableau n° 5 donne les principales valeurs du poids total de la matière organique exprimée en kg par are.

Tableau 5

Carbone total, azote total en kg/are ; rapport C/N global, par STATION

Gesamtkohlenstoff und Gesamtstickstoff, in kg/ar; globales C/N-Verhältnis der Standorte

Total carbon and total nitrogen, in kg/are; global C/N ratio of the different sites

Stations		Carbone, kg/are		Azote, kg/are		C/N global par *station*
		Horizons holorgan. Ao	Total	Horizons holorgan. Ao	Total	
Secteur Siegenien de St-Hubert	1	41.4	1002.3	1.6	66.4	15.1
	2	38.9	1085.3	1.5	65.9	16.5
	3	52.6	1226.2	2.4	72.6	16.9
	4	50.2	1701.7	2.2	93.1	18.3
	5	—	966.5	—	53.9	17.9
Secteur Gedinnien d'Arville	6	42.1	789.5	1.8	46.4	17.0
	7	50.0	1124.5	2.3	59.4	18.9
	8	66.1	1284.0	2.8	66.0	19.5
	9	52.2	1137.2	2.3	56.2	20.2
	10	—	1004.5	—	43.5	23.1
	11	—	1209.8	—	74.3	16.3
	12	46.1	1171.7	1.9	53.0	22.1

233.3 Observations et discussion.

Les valeurs précédentes représentent plutôt des ordres de grandeurs que des déterminations précises. L'obtention des poids exprimés par surface est une opération délicate qui est entachée d'un certain risque d'erreurs expérimentales. Il faut noter encore que nos prélèvements d'échantillons d'intérêt biodynamique s'arrêtaient à une profondeur conventionnelle de 0,50 m. Les matières organiques qui existent à des profondeurs plus basses ne sont pratiquement plus dosables à cause de leur forte dilution. Toutefois, réparties dans une grande masse de sol, elles peuvent encore représenter des poids considérables. Ce sont les raisons pour lesquelles nous attachons une plus grande importance aux valeurs relatives qu'aux valeurs absolues.

Compte tenu des réserves précédentes, les principales observations à faire au départ du tableau n° 5 sont les suivantes :

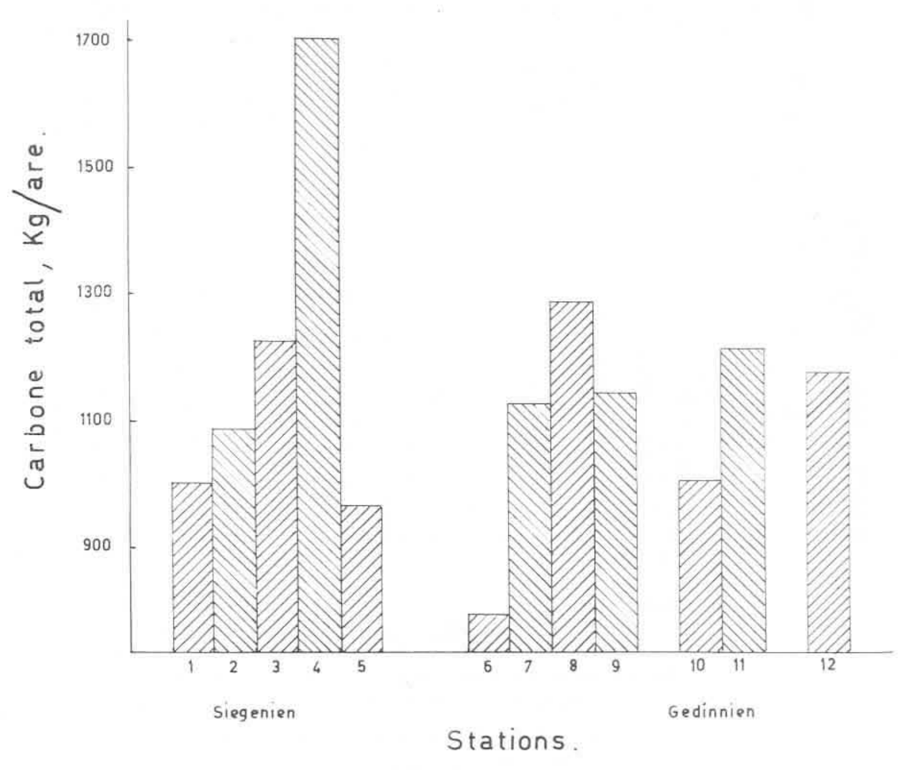


Fig. 4. — Histogramme de répartition du carbone total, en kg/are, moyennes pondérées par *stations*.

Abb. 4. — *Verteilungshistogramm des Gesamtkohlenstoffes in kg/ar, gewogene Mittel der Versuchsstationen.*

Fig. 4. — *Distribution histogram of the total carbon in kg/are, weighted averages of the different sites.*

233.31 Au niveau *secteur* ou niveau géologique.

Les différences entre les deux *secteurs* sont peu importantes à première vue. Toutefois, les valeurs du rapport C/N ont tendance à être systématiquement plus élevées sur le *secteur Gedinnien*. Remarquons qu'il s'agit du rapport C/N global par *station* et non de valeurs caractérisant un horizon déterminé.

233.32 Au niveau *station*, ou niveau du climat et pédoclimat local.

Les figures 4 et 5 reproduisent en histogramme les valeurs fournies par le tableau n° 5 pour le carbone et l'azote totaux (*).

Pour le carbone total, le *secteur* sur schistes et quartzites du Siegenien montre les caractéristiques suivantes : des valeurs pratiquement identiques pour les deux premières *stations* à fétuque, puis augmentation no-

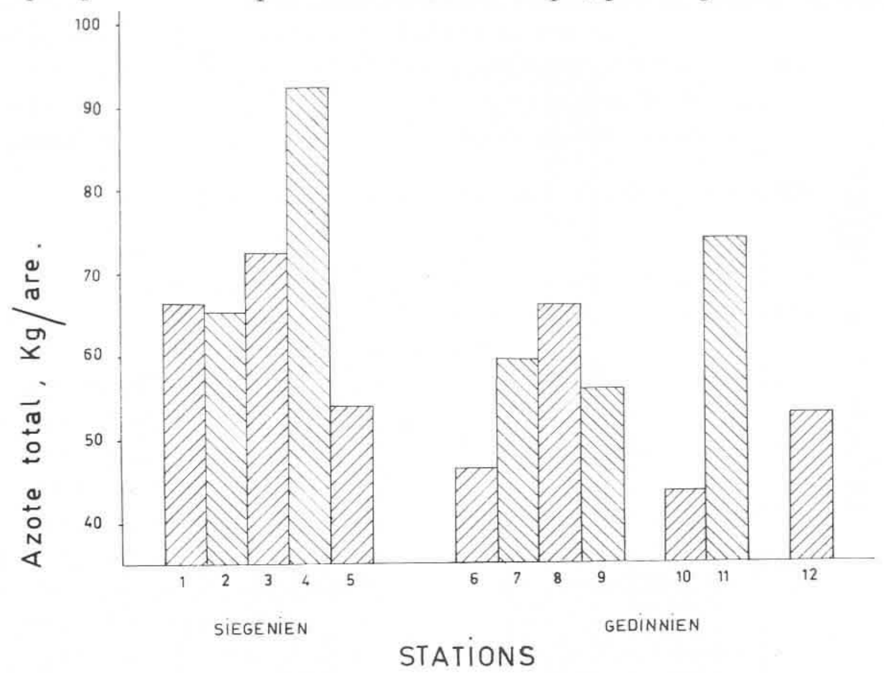


FIG. 5. — Histogramme de répartition de l'azote total, en kg/are, moyennes pondérées par *stations*.

ABB. 5. — *Verteilungshistogramm des Gesamtstickstoffes in kg/ar, gewogene Mittel der Versuchsstationen.*

FIG. 5. — *Distribution histogram of the total nitrogen in kg/are, weighted averages of the different sites.*

(*) Les histogrammes reproduits dans ce texte sont des histogrammes *partiels*. Notre but est d'accentuer les différences entre *stations* sans devoir trop allonger les ordonnées.

table pour la *station* 3 et augmentation très importante pour la *station* 4 suivie d'une nette diminution pour la *station* 5.

Il apparaît donc une allure quelque peu symétrique par rapport à un maximum qui se situe au niveau de la *station* à luzule typique.

Une allure semblable se manifeste pour le *secteur* sur Gedinnien, avec cette différence que les plus fortes valeurs sont atteintes à une altitude plus basse et sous une végétation de hêtraie à fétuque.

L'azote manifeste une répartition assez semblable mais avec des différences plus marquées pour certaines *stations* particulières comme les *stations* 10, 11 et 12.

La *station* 10 à luzule, paraît provenir de l'altération microclimatique



PHOTO 1. — *Secteur* gedinnien, *station* 10, *Luzulo-Fagetum-festucetosum*, variante à *Polytrichum formosum* et *Carex pilulifera*.

d'une *station* à fétuque, sous l'action du vent déplaçant les litières. Elle se trouve à une altitude (358 m) nettement inférieure aux autres hêtraies à luzule. Son profil révèle un début de podzolisation freinée sans doute par une texture plus argileuse du sol que la moyenne du *secteur*. Le facteur C/N atteint des valeurs relativement fortes, soit 23.1.

La *station* 11 constitue un cas intéressant à noter au point de vue de sa teneur en azote. Elle correspond, rappelons-le, à une hêtraie à fétuque à *Poa Chaixii* et à *Deschampsia caespitosa*, assez exceptionnelle pour le territoire observé. Nous avons signalé précédemment que sa texture est assez sableuse. Elle se caractérise également par un humus du type *mull acide*, mais avec une forte diffusion en profondeur, rappelant certaines caractéristiques des *Ranker* montagnards.



PHOTO 2. — *Secteur* gedinnien, *station 11*, *Luzulo-Fagetum-festucetosum*, variante à *Poa Chaixii* et *Deschampsia caespitosa*.

Ce type d'humus est spécialement riche en azote ; il donne le facteur C/N le plus bas pour le *secteur* sur roches gedinniennes.

Le cas de la *station* 12 est également particulier. Il s'agit d'une *station* plus dégradée que la normale. Les teneurs en carbone sont relativement fortes, mais celles concernant l'azote accusent un certain déficit relatif, caractérisé, entre autres, par un rapport C/N élevé.

Des considérations précédentes, nous pouvons donc conclure que les valeurs du carbone et de l'azote totaux exprimés en poids par surface et celles du rapport C/N sont des caractéristiques généralement bien spécifiques des différentes stations étudiées.

233.4 Essai d'interprétation.

233.41 Influence du facteur topographique et spécialement de l'altitude.

Nous nous sommes proposés de rechercher si les valeurs précédentes sont effectivement le reflet de l'un ou de l'autre des facteurs écologiques généraux.

Nous avons songé en premier lieu à vérifier l'influence de l'altitude qui est reconnue pour avoir une grande importance en Ardenne, à cause de la sévérité du climat général.

Le facteur altitude intègre d'ailleurs plusieurs éléments. Le premier est l'altitude proprement dite. Une élévation de 100 m correspond en moyenne, pour le territoire de l'Ardenne, à une augmentation de la pluviosité de 80 mm et à une diminution de la température moyenne annuelle de 0,4° C environ.

Le second élément à considérer est la situation géomorphologique, avec toutes les conséquences lithologiques et pédologiques qui en dépendent. Les niveaux inférieurs correspondent aux pentes fortes des fonds de vallées de dissection récente et les niveaux plus élevés à des replats ou à des lambeaux de pénéplaines de formation plus ancienne.

C'est d'ailleurs l'altitude qui semble être le facteur écologique dominant concernant la productivité forestière exprimée en valeurs conventionnelles. Nous aurons l'occasion d'attirer l'attention sur ce point dans la TROISIÈME PARTIE de cette étude. Signalons cependant dès à présent qu'il existe une corrélation très significative de 0,95 au seuil de 0,05 entre la productivité d'une part et l'altitude d'autre part.

Le facteur altitude doit donc être retenu à priori comme un facteur de référence intéressant pour étudier les lois de répartition du carbone et de l'azote dans la région en cause.

Les figures suivantes donnent respectivement la distribution des

valeurs pour le carbone total (fig. 6), l'azote total (fig. 7) et le rapport C/N (fig. 8), par rapport à l'altitude.

Nous avons rejoint par un trait les points correspondant aux *stations* les plus normalement distribuées en séries topographiques dans la *région* étudiée. Nous obtenons ainsi les courbes que nous qualifions *conventionnellement* de « normales » puisqu'elles répondent à une répartition géographique à peu près constante.

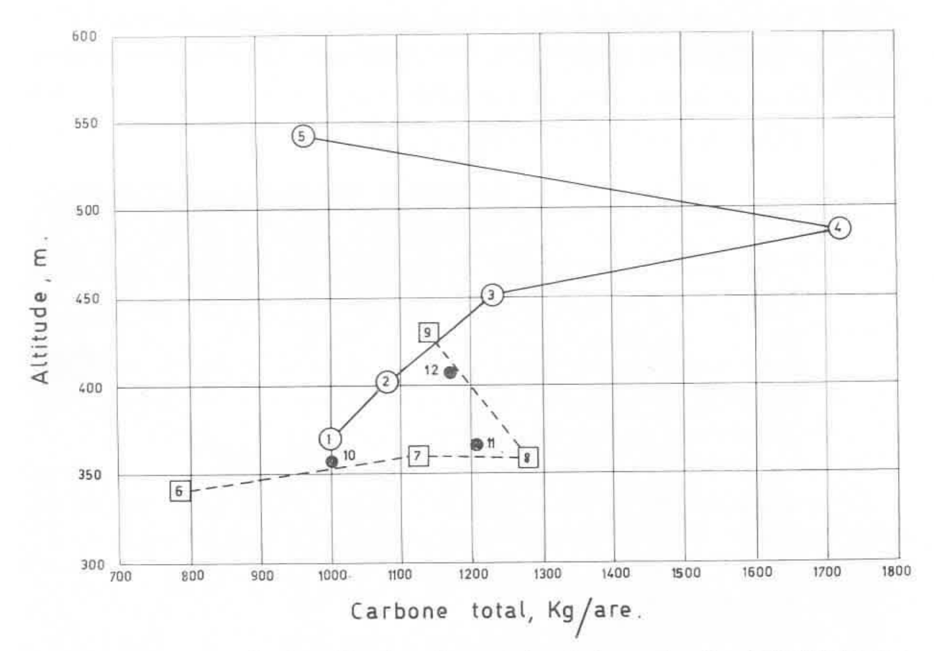


FIG. 6. — Diagramme de répartition du carbone total, en kg/are, en fonction de l'altitude en m. En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 6. — *Gesamtkohlenstoffverteilung in kg/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m. Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.*

FIG. 6. — *Distribution of total carbon, in kg/are in relation to elevation, in m. Full line : Siegenian Sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

Ces figures sont particulièrement suggestives.

Il y a tout d'abord un décalage très net entre les courbes correspondant aux deux *secteurs* géologiques étudiés, mais avec un certain parallélisme d'allure.

Examinons, premièrement, le cas du *carbone total.*

Pour les deux *secteurs*, une première partie de la courbe indique des valeurs ascendantes avec l'altitude. Dans les deux cas, les *stations* correspondantes appartiennent à des variantes de la hêtraie à fétuque.

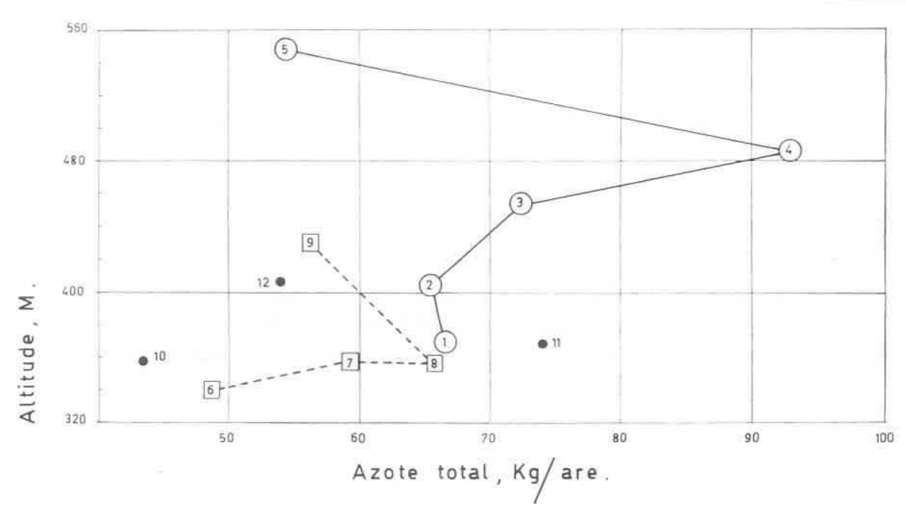


FIG. 7. — Diagramme de répartition de l'azote total, en kg/are, en fonction de l'altitude, en m. En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 7. — *Gesamtstickstoffverteilung in kg/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m. Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.*

FIG. 7. — *Distribution of total nitrogen in kg/are in relation to elevation, in m. Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

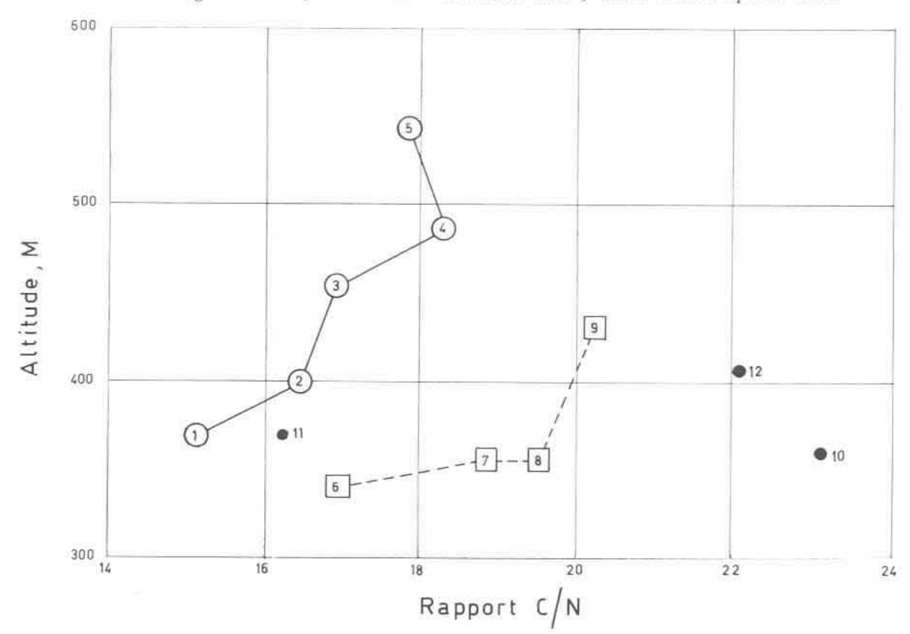


FIG. 8. — Diagramme de répartition des valeurs du rapport C/N global, en fonction de l'altitude, en m. En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 8. — *Verteilung der globalen C/N-werte, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m. Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.*

FIG. 8. — *Distribution of global C/N ratio values in relation to elevation in m. Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

La seconde partie de la courbe indique un rebroussement net, avec une diminution rapide des valeurs.

Les trois *stations* aberrantes se placent très près de la courbe « normale » correspondante.

Il est intéressant de noter que les points de rebroussement pour les deux courbes se placent sur les deux *stations* occupant le premier replat important rencontré dans le paysage en partant du bas, comme l'indique le graphique n° 2.

Le cas de l'*azote total* est également fort intéressant. Une allure générale assez semblable à celle manifestée par le carbone persiste dans les deux *secteurs*. Toutefois, les *stations* aberrantes se situent nettement en dehors de la courbe « normale ». La richesse anormale de la *station* à *Poa Chaixii* se remarque immédiatement de même que l'effet de la dégradation de la *station* 12. La *station* 10 à caractères podzoliques se situe également en retrait de l'allure normale.

Les valeurs du *rapport C/N* confirment également l'allure de l'azote total : distribution assez parallèle pour les *stations* en climo-toposéquences normales, mais position nettement aberrante des *stations* spéciales.

233.42 Influence du poids des retombées annuelles de la litière.

Nous nous sommes posés la question de savoir jusqu'à quel point le poids des retombées annuelles de litière avait son importance sur les teneurs globales en matières organiques.

Au niveau de la *plage*, il est déjà très facile d'observer que toute variation accidentelle dans la distribution de la litière a sa répercussion sur le type d'humification et particulièrement sur l'importance des horizons holorganiques.

Il nous importait en premier lieu de déterminer ce que les horizons holorganiques Ao représentent comme pourcentage de carbone et d'azote par rapport aux poids totaux de ces éléments exprimés en quantités par surface.

Le tableau n° 6 reproduit ces pourcentages relativement aux quantités données dans le tableau 5.

Dans tous les cas, il apparaît que le pourcentage du carbone est plus important que celui de l'azote, tout en étant relativement faible. Il apparaît également que le *secteur* d'Arville sur roches gedinniennes se différencie de l'autre *secteur*, sur Siegenien, par des valeurs plus fortes intéressant aussi bien le carbone que l'azote.

Il faut également souligner le fait que les pourcentages sont assez constants par *secteur* contrairement à ce que l'on aurait pu croire *a*

TABLEAU 6

Pourcentages du carbone et de l'azote des horizons holorganiques Ao, par rapport aux poids totaux par surface

Kohlenstoff- und Stickstoffgewicht der holorganischen Horizonte (Ao), ausgedrückt in Prozenten des Gesamtgewichtes pro Fläche

Weight of carbon and nitrogen of the holorganic horizons (Ao) in percent of total weight per surface

Secteurs	*Stations*	Carbone des horizons Ao en % du carbone total	Azote des horizons Ao en % de l'azote total
Siegenien de St-Hubert	1	4.1	2.4
	2	3.6	2.4
	3	4.3	3.3
	4	2.9	2.3
Gedinnien d'Arville	6	5.3	4.0
	7	4.4	3.8
	8	5.1	4.2
	9	4.6	4.0
	12	3.9	3.7

priori, compte tenu des différences phytosociologiques et même des variations morphologiques observées concernant les types d'humus.

Au départ des constatations précédentes, nous avons déterminé l'influence du poids des retombées annuelles sur le poids des horizons holorganiques Ao.

En automne 1960, dans les 4 *stations* homologues de chaque *secteur*, auxquelles fut jointe la *station* dégradée du *secteur* gedinnien, nous avons prélevé les horizons holorganiques (Ao) immédiatement avant la chute des feuilles, à raison de 9 *placeaux*, de 1m² chacune, par *station*. Ces *placeaux* ont été systématiquement répartis sur toute l'étendue de la surface de 6 ares de chaque *station*. Ensuite, sur les mêmes *placeaux*, nous avons recueilli la litière (L), le plus tôt possible après sa chute, pour réduire au maximum les effets de lessivage par les pluies.

Le tableau n° 7 donne les résultats obtenus.

Les écarts-types affectant les poids d'horizons holorganiques et de litières sont élevés. La distribution sur le sol des retombées annuelles se fait généralement d'une manière irrégulière pour toute une série de raisons.

Tableau 7

Poids des horizons holorganiques (Ao) et des litières (L) ; 9 répétitions de 1 m² par STATION de 600 m²

Gewicht der holorganischen Horizonte (Ao) und der Laubstreu (L), in 9 Wiederholungen von 1 m² pro Standort von 600 m²

Weight of the holorganic horizon (Ao) and leafmold (L), in 9 repetitions of 1 m² per site of 600 m²

Stations		Horiz. holorganiques, Ao.		Litières, L.	
		poids moyen kg/are	écart-type %	poids moyen kg/are	écart-type %
Secteur	1	96.9	32.3	34.9	17.5
Siegenien	2	110.4	23.6	35.0	31.4
de	3	146.5	16.9	59.6	22.2
St-Hubert	4	149.7	18.8	42.8	19.6
	6	123.6	12.6	47.4	21.2
Secteur	7	159.0	27.9	63.3	18.5
Gedinnien	8	170.0	8.2	56.0	34.6
d'Arville	9	154.5	17.4	60.3	16.4
	12	131.5	23.6	45.9	26.6

Il apparaît une corrélation très significative entre le poids des retombées annuelles et le poids des horizons holorganiques. Le coefficient de corrélation s'élève à 0,84.

Il est nécessaire cependant que nos investigations se poursuivent pendant plusieurs années consécutives sur un nombre d'objets de plus en plus grand avant de mieux définir le degré de corrélation.

La fig. 9 donne le poids des horizons holorganiques, exprimé en kg/are, par rapport à l'altitude. Elle exprime une tendance semblable à celle du carbone total (fig. n° 6).

Remarquons encore que la *station* dégradée 12 manifeste un déficit notable en poids d'horizons holorganiques par rapport à la courbe « normale ».

233.43 Les coefficients de décomposition de Jenny.

Après les constatations précédentes, il nous a paru intéressant de calculer les *coefficients de décomposition* selon la méthode définie par Jenny (19) selon l'équation :

$$k = \frac{L \times 100}{Ao + L}$$

dans laquelle L représente le poids des litières annuelles et Ao le poids des horizons holorganiques par unité de surface.

Dans chacun des dépôts en 9 répétitions nous avons déterminé le carbone total par calcination et par dosage humide selon la méthode SPRINGER et KLEE, l'azote total, et le phosphore dans les cendres.

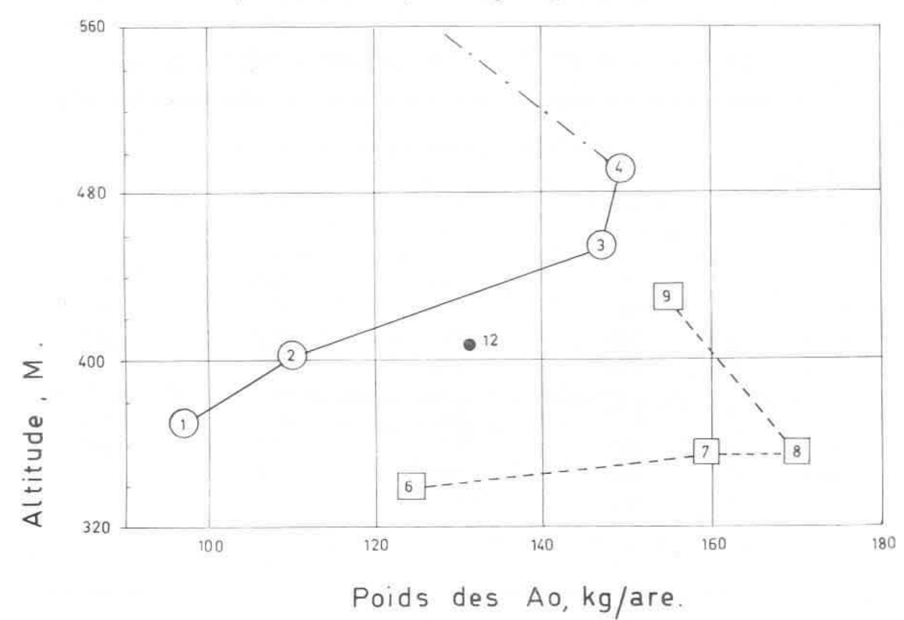


FIG. 9. — Diagramme de répartition des poids des horizons holorganiques, en kg/are, en fonction de l'altitude, en m.
En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercle noir : *station* spéciale.

ABB. 9. — *Gewichtsverteilung der holorganischen Horizonte (Ao), in kg/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m.*
Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; Voller Kreis : spezieller Standort.

FIG. 9. — *Weight of holorganic horizons (Ao) in kg/are, in relation to elevation in m.*
Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circle : special site.

Le tableau n° 8 reproduit les valeurs trouvées. Une seule série de valeurs figure pour le carbone, les deux méthodes ayant donné des résultats très semblables.

L'examen du tableau n° 8 suggère plusieurs observations :

— Comme JENNY l'avait montré pour le carbone et l'azote, les valeurs sont un peu différentes suivant l'élément considéré. Elles sont plus fortes pour le carbone et du même ordre pour l'azote comparé au phosphore.

TABLEAU 8

Valeurs des coefficients de décomposition de la litière suivant divers modes d'expression 1960 — RÉGION de St-Hubert

Laubstreuzersetzungskoeffizient nach verschiedenen Ausdrucksweisen. 1960 - Gegend von St-Hubert
Different expressions of the litter decomposition rate. 1960 - Region of St-Hubert

Stations		Coefficients de décomposition, exprimés en			
		poids de mat. sèche	carbone	azote	phosphore
	1	26.5	28.6	20.8	21.0
Secteur	2	24.1	25.9	17.2	19.2
Siegenien	3	28.9	33.2	24.2	29.2
	4	22.2	23.6	15.7	17.7
	6	27.7	30.2	20.6	19.3
Secteur	7	28.5	32.8	22.9	20.8
Gedinnien	8	24.8	26.9	17.6	17.0
	9	28.2	30.0	20.7	19.5
	12	25.9	27.4	18.1	20.3

— Les valeurs paraissent en général légèrement plus élevées dans le *secteur* sur Gedinnien.

— Au sein de chaque *secteur*, les valeurs ne sont pas très variables pour les différentes *stations*. Une *station* fait exception, c'est la *station* 3 du *secteur* sur roches siegeniennes. Nous aurons l'occasion de discuter ce fait ultérieurement.

— La relative constance des valeurs dans la *région* donnée nous a incité à vérifier si ce coefficient ne pouvait être utilisé comme indice régional.

233.44 Variations régionales et annuelles du coefficient de JENNY.

Pour vérifier le caractère éventuellement régional dans le cadre de l'Ardenne et pour déterminer les fluctuations annuelles de ces coefficients, nous avons effectué de nouveaux prélèvements durant l'automne 1961, en choisissant trois *régions* différentes et deux *stations* par *région*.

Le tableau n° 9 donne les résultats obtenus.

TABLEAU 9

Variations régionales des coefficients de JENNY (1961)

Regionale Laubstreuzersetzungskoeffiziente (1961)

Regional variations of the litter decomposition rates (1961)

Régions	*Stations*	Litières, L		Couche morte, Ao		$k = \frac{100 L}{Ao + L}$	
		poids kg/are	azote kg/are	poids kg/are	azote kg/are	en mat. sèche	en azote
St-Hubert	4	33.1	0.424	127.6	2.41	20.6	14.9
	7	36.7	0.429	164.2	2.82	18.3	13.2
Croix	17	43.6	0.641	379.2	8.72	10.3	6.9
Scaille	18	42.0	0.550	319.0	6.95	11.6	7.3
Forêt	20	43.5	0.603	127.8	2.61	25.4	18.8
d'Anlier	21	47.6	0.615	118.3	1.81	28.7	25.3

L'examen du tableau permet de souligner plusieurs points :

— Les valeurs du coefficient sont nettement différentes par *région* et du même ordre de grandeur pour chacune des *stations* par *région*.

— Les *stations* comparables pour les deux années consécutives 1960 et 1961 accusent des différences non négligeables.

Une première explication résulte du fait suivant : l'année 1960 a été caractérisée par une fructification généralisée. La litière s'est enrichie d'un poids considérable de cupules de faines qui a augmenté la masse des retombées d'une manière appréciable.

Il est probable également qu'indépendamment de cette première cause, il se présente des fluctuations annuelles d'origine climatique dont l'importance sera déterminée progressivement.

— D'autres commentaires mériteraient d'être effectués sur la signification réelle de ce coefficient. Une étude plus poussée sera effectuée dans un travail ultérieur.

En conclusion de ces dernières études nous admettons en première approximation que les différentes expressions du coefficient de décomposition de JENNY constituent des indices intéressants pour une distinction de stations forestières au niveau du climat régional.

233.5 Le cas du niveau «*plage*».

Ce niveau très spécialisé a attiré notre attention sur la base d'observations sur le terrain. Dans une même *station*, des différences morpholo-

giques apparaissent quand on compare, par exemple, l'allure des horizons holorganiques sous plusieurs espèces végétales ou sur les *plages* sans végétation.

Les tableaux 10, 11 et 12, reproduits à titre d'exemple, sont suggestifs par eux-mêmes. Les différences entre *plages* atteignent localement 50 %, le plus souvent de 10 à 30 %.

Comme on pouvait s'y attendre, les *plages* sans végétation constituent des endroits d'accumulation relative du carbone et de l'azote. A première vue deux raisons peuvent être évoquées à cet effet. Premièrement, les *plages* sans couverture vivante retiennent plus intimement les feuilles tombées à l'automne. Les débris foliaires momentanément soutenus par les touffes vivantes sont plus aisément repris par le vent. Secondement, l'absence de végétation herbacée est, au moins par-

TABLEAU 10

Valeurs du carbone total par PLAGES en kg/m², en deux répétitions P1 et P2

Gesamtkohlenstoffwerte der Vegetationsflächen in kg/m²; 2 Wiederholungen: P1 und P2

Total carbon values of different plant spots, in kg/m²; 2 repetitions: P1 and P2

Stations	Sol nu		Fétuque		Polytriche		Luzule	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1	13.0	10.7	5.8	9.3	10.0	10.2	—	—
3	12.5	13.7	7.2	7.5	10.3	6.1	8.0	10.5
4	19.2	15.3	—	—	10.3	12.9	13.4	11.1
8	13.7	11.0	8.7	11.5	7.4	9.3	7.5	14.8

TABLEAU 11

Valeurs de l'azote total par PLAGES en kg/m², en deux répétitions P1 et P2

Gesamtstickstoffwerte der Vegetationsflächen, in kg/ar; 2 Wiederholungen: P1 und P2

Total nitrogen values of different plant spots in kg/are; 2 repetitions: P1 and P2

Stations	Sol nu		Fétuque		Polytriche		Luzule	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1	0.80	0.74	0.46	0.56	0.62	0.68	—	—
3	0.70	0.79	0.50	0.59	0.64	0.50	0.59	0.67
4	0.98	0.87	—	—	0.68	0.64	0.80	0.68
8	0.69	0.57	0.52	0.66	0.46	0.60	0.49	0.77

TABLEAU 12

Valeurs du rapport C/N, par PLAGES, en deux répétitions P1 et P2

C/N - Werte der Vegetationsflächen ; 2 Wiederholungen : P1 und P2

Values of C/N ratios ; 2 repetitions : P1 and P2

Stations	SOL NU		FÉTUQUE		POLYTRICHE		LUZULE	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1	16.2	14.4	12.6	16.6	16.1	15.0	—	—
3	17.8	17.3	14.3	12.7	16.1	12.1	13.6	15.7
4	19.5	17.7	—	—	15.1	20.2	16.7	16.3
8	19.9	19.3	16.7	17.4	16.1	15.5	15.3	19.3

tiellement, l'effet d'un défaut de luminosité, peu favorable à la décomposition rapide des couches holorganiques.

Toutefois, signalons pour terminer que la connaissance objective du niveau « *plage* » mériterait une étude plus complète que celle entreprise actuellement. Il faudrait, entre autres, prévoir un mode d'échantillonnage mieux adapté à l'usage de la critique statistique.

233.6 Conclusions.

De ce chapitre consacré à la répartition du carbone et de l'azote totaux, nous tirons les faits suivants :

1° Les quatre niveaux que nous avons distingués *a priori*, mais sur la base préalable d'observations forestières, existent effectivement.

2° Le niveau *région*, ou niveau du climat régional se marque par une qualité d'humification qui règle l'importance des horizons holorganiques et les valeurs des diverses expressions du *coefficient de décomposition* de JENNY. Nous rappelons cependant que nos observations doivent se poursuivre durant plusieurs années.

3° Le niveau *secteur*, ou niveau géologique, se laisse déceler par un certain décalage des valeurs si l'on prend l'altitude comme facteur écologique de référence. Par exemple, pour une même altitude dans la *région* spécialement étudiée, les roches gedinniennes donnent des sols dont la matière organique possède un facteur C/N global régulièrement plus élevé, comparé à celui des sols sur Siegenien.

4° Le niveau *station* se manifeste également pour une série de valeurs. La plupart de nos objets d'étude se distinguent assez nettement les uns des autres sur la base des déterminations effectuées.

Par rapport au facteur topographique exprimé par l'altitude, on constate des courbes de répartition d'allure complexe.

Ce niveau fut choisi, rappelons-le, sur la base d'une carte de la végétation et est considéré comme reflétant surtout l'influence du climat local.

Les deux *secteurs* ont des courbes en allure parallèle quoique décalée l'une par rapport à l'autre. Les *stations aberrantes*, c'est-à-dire celles qui n'existent qu'à la faveur de circonstances exceptionnelles pour la *région* en cause, ont des valeurs qui s'écartent peu de la courbe *normale* de distribution en ce qui concerne le carbone. Mais, pour l'azote et par conséquent pour le facteur C/N, il en va tout autrement.

5° Le niveau *plage* est conditionné en grande partie par le microclimat et le pédoclimat qui règlent la distribution de la végétation herbacée. Il se manifeste également par des valeurs variables selon l'absence ou la présence de végétation, selon la nature et la densité des espèces végétales. Des renseignements plus précis sur la composition de la strate herbacée seront donnés dans la deuxième partie de ce travail.

234. *Les matières organiques extraites au réactif fluorhydrique.*

234.1 Intérêt du réactif.

Les substances solubles dans le réactif sont composées en principe de fractions humiques ayant des propriétés anioniques ou colloïdales négatives accentuées, mais sans avoir dépassé un certain stade de complexation avec les colloïdes minéraux. Car comme le citait LAATSCH (21), ce réactif n'agit que très partiellement sur les formes de matières organiques liées à l'argile pédologique. Il ne libère sans doute que les acides humiques faiblement fixés, par exemple, ceux retenus par la liaison calcium. Il intéresse donc la partie la plus dynamique des composés organiques humifiés.

234.2 Les matières humiques totales (MHT).

234.21 Exposé des résultats.

Le tableau n° 13 donne les poids par surface, par *secteur* et par *station.*

234.22 Observations.

D'après ce tableau, chaque *station* montre, en général, des valeurs bien distinctes, comme pour le cas du carbone total.

Le niveau *secteur* se manifeste également, spécialement par des différences notables dans les valeurs du rapport MHT/HT %. Le pourcentage est nettement plus fort sur les assises gedinniennes.

TABLEAU 13

Matières humiques totales (M.H.T.), kg/are, moyennes pondérées par STATION, et rapport MHT/HT (HT = humus total)

Gesamthumusstoffe (M.H.T.), kg/are, gewogene Mittel der Standorte, und M.H.T./H.T. Verhältnis (H.T. = Gesamthumus)

Total humic matter (M.H.T.), kg/are, weighted averages of the sites, and M.H.T./H.T. ratio (H.T. = total humus)

Secteurs	*Stations*	M.H.T. kg/are	H.T. kg/are (= C × 2)	M.H.T.% / H.T. global	M.H.T. dans Ao, % du total (*)
Siegenien de St-Hubert	1	195.9	2004.6	9.8	2.3
	2	201.3	2170.8	9.3	2.1
	3	278.9	2452.4	11.4	2.5
	4	366.3	3403.4	10.8	1.8
	5	285.2	1933.0	14.8	—
Gedinnien d'Arville	6	230.1	1579.0	14.7	3.0
	7	458 9	2249.0	20.5	1.6
	8	451.8	2568.0	17.7	2.0
	9	318.8	2274.4	14.1	2.3
	10	277.4	2009.0	13.9	—
	11	507.1	2419.6	21.1	—
	12	312.3	2343.4	13.4	1.9

En établissant la courbe de répartition des MHT par rapport à l'altitude, on remarque encore un certain parallélisme d'allure entre les deux *secteurs* avec position aberrante par rapport aux courbes « normales » des *stations* exceptionnelles (fig. 10).

234.3 Les matières humiques précipitables par les acides (MHP)

234.31 Exposé des résultats.

Le tableau n° 14 groupe les résultats trouvés, et le graphique suivant donne également la répartition des valeurs selon l'altitude.

(*) Cette valeur exprime la quantité de M.H.T., en kg/are dans les horizons Ao(F+H), en % de la quantité totale de M.H.T. du profil.

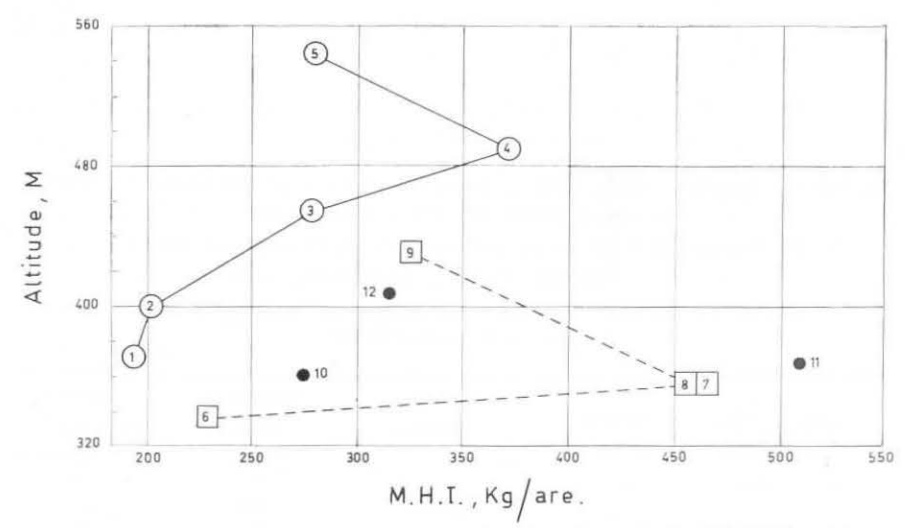


FIG. 10. — Diagramme de répartition des matières humiques totales (M.H.T.), en kg/are, en fonction de l'altitude, en m.

En trait continu : *secteur* Siegenien, en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 10. — *Gesamthumusstoffeverteilung, in kg/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m. Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.*

FIG. 10. — *Distribution of total humic matter, in kg/are, in relation to elevation in m. Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

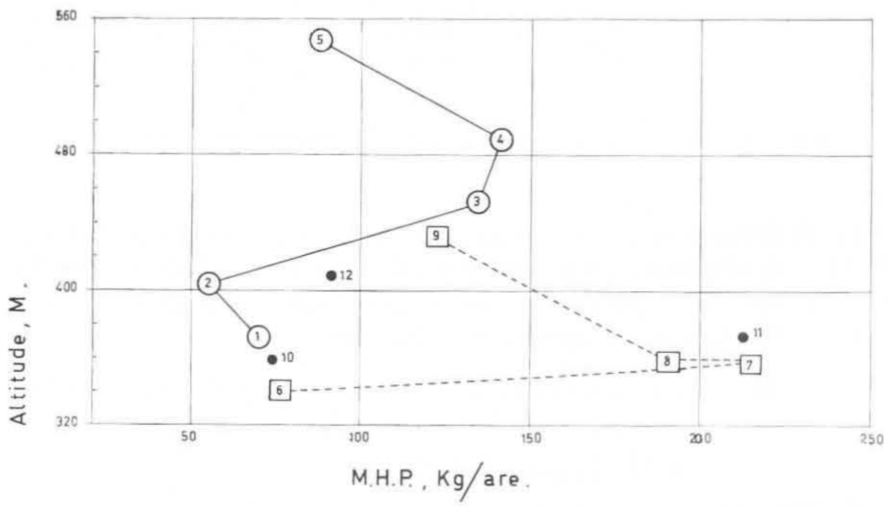


FIG. 11. — Diagramme de répartition des matières humiques précipitables (M.H.P.) en kg/are, en fonction de l'altitude, en m.

En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 11. — *Verteilung der flockbaren Humusstoffe (M.H.P.) in kg/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m.*

Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.

FIG. 11. — *Distribution of precipitable humic matter, in kg/are, in relation to elevation, in m. Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

TABLEAU 14

Matières humiques précipitables (M.H.P.), kg/are,
moyennes pondérées par STATION, et rapport MHP/MHT des valeurs par surface

Flockbare Humusstoffe (M.H.P.), in kg/ar,
gewogene Mittel der Standorte und M.H.P./M.H.T. Verhältnis

Precipitable humic matter (M.H.P.), kg/are,
weighted means of the sites and M.H.P./M.H.T. ratio

Secteurs	*Stations*	M.H.P. kg/are	M.H.P. % M.H.T. global	M.H.P. dans Ao % du total (*)
Siegenien de St-Hubert	1	69.5	35.4	2.3
	2	54.9	27.4	3.5
	3	134.6	48.4	2.2
	4	143.0	39.1	2.0
	5	87.7	30.8	—
Gedinnien d'Arville	6	76.8	33.5	4.2
	7	215.7	47.1	1.6
	8	190.8	42.2	2.1
	9	123.5	38.7	2.7
	10	73.1	26.4	—
	11	213.8	42.2	—
	12	91.0	29.1	5.2

234.32 Observations.

A première vue plusieurs *stations* ont des valeurs bien caractéristiques. Par contre, les différences *inter-secteurs* apparaissent beaucoup moins nettement.

234.4 Les matières humiques non précipitables par les acides (MHNP).

Ces substances sont intéressantes à déterminer dans les *sols bruns acides*, dont les différents types d'humus correspondants sont réputés riches en ces substances peu synthétisées et douées d'une certaine mobilité dans le profil et que nous avons assimilées, en première approximation, aux « acides fulviques ».

(*) Cette valeur exprime la quantité de M.H.P., en kg/are, dans les horizons Ao (F + H), en % de la quantité totale de M.H.P. du profil.

234.41 Exposé des résultats.

Le tableau n° 15 donne les valeurs exprimées par surface.

TABLEAU 15

Matières humiques non précipitables (MHNP), kg/are, moyennes pondérées par STATIONS, et rapport MHNP/MHT des valeurs par surface

Nichtflockbare Humusstoffe (MHNP) in kg/ar, gewogene Mittel der Standorte und MHNP/MHT Verhältnis

Non precipitable humic matter, in kg/are, weighted averages of the sites, and MHNP/MHT ratio.

Secteurs	*Stations*	M.H.N.P. kg/are	M.H.N.P. % / M.H.T. global	M.H.N.P. dans Ao % du total (*)
Siegenien de St-Hubert	1	126.4	64.6	2.3
	2	146.3	72.6	1.6
	3	144.3	51.6	2.7
	4	219.6	60.9	1.7
	5	197.5	69.2	—
Gedinnien d'Arville	6	151.1	66.5	2.5
	7	243.2	52.9	1.6
	8	261.0	57.8	2.0
	9	195.4	61.3	2 1
	10	204.3	73.6	—
	11	293.3	57.8	—
	12	221.3	70.9	1.6

La fig. 12 donne la répartition suivant l'altitude.

234.42 Observations.

Il existe une forte proportion de ces substances dans les MHT. Cette remarque est à mettre en relation avec les types d'humification oscillant autour de formes de *moder* très acides.

De plus, les lois de répartition de ces composés humiques sont différentes de celles intéressant les MHT et les MHP.

(*) Cette valeur exprime la quantité de M.H.N.P., en kg/are, dans les horizons Ao (F+H), en % de la quantité totale de M.H.N.P. du profil.

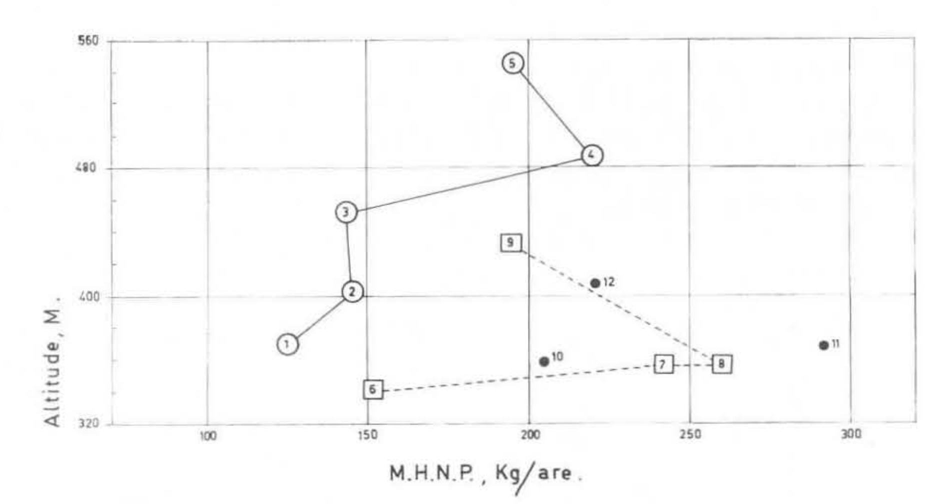


FIG. 12. — Diagramme de répartition des matières humiques non précipitables (M.H.N.P.), en kg/are, en fonction de l'altitude en m.
En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 12. — *Verteilung der nichtflockbaren Humusstoffe (M.H.N.P.) in kg/ar, in Beziehung aufdie Höhe ü/M in m.*
Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.

FIG. 12. — *Distribution of non precipitable humic matter (M.H.N.P.) in kg/are, in relation to elevation, in m.*
Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites

234.5 Le niveau plage.

Le niveau *plage* demeure intéressant à noter. A titre d'illustration, nous présentons en histogramme, dans la fig. 13, les résultats obtenus pour la *station* 3 ; un même ordre de grandeur de variation est à noter pour toutes les autres stations.

234.6 Conclusions.

Le fractionnement de la matière organique par le fluorure de soude conduit aux observations suivantes :

1° Les trois niveaux d'observations retenus pour cette étude effectuée dans une même *région*, c'est-à-dire le *secteur*, la *station* et la *plage* se manifestent par des valeurs souvent très différentes d'un objet à l'autre.

2° Pour les MHT et MHP, les graphiques selon l'altitude révèlent également des lois de variations complexes, parallèles à celles déjà observées pour le carbone et l'azote totaux. Les MHNP tendent à se comporter, *grosso modo*, de la même façon..

3° Les *stations* exceptionnelles se situent souvent nettement en dehors des courbes de distribution « normale ».

4° Les valeurs précédemment exposées livrent une information précieuse sur la définition des types d'humus. Des indications seront données dans le chapitre réservé aux conclusions et discussions générales de la PREMIÈRE PARTIE.

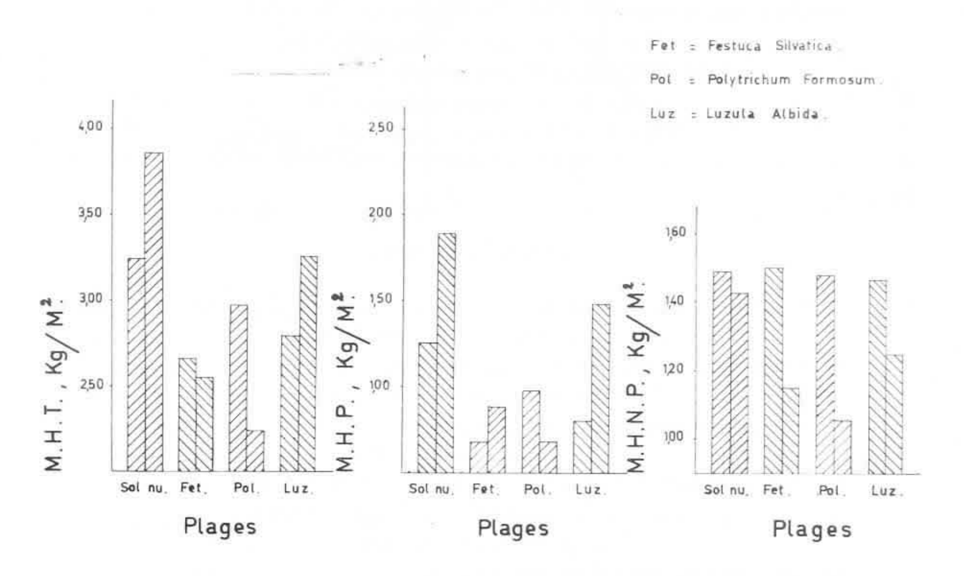


FIG. 13. — *Secteur* Siegenien, *station* 3. Histogramme de répartition des matières humiques en kg/m², par *plages*.

Sol nu : *plage* sans végétation herbacée.
Fet : *plage* à *Festuca silvatica*.
Pol : *plage* à *Polytrichum formosum*.
Luz : *plage* à *Luzula albida*.

ABB. 13. — *Verteilungshistogramm der Humusstoffe der Vegetationsflächen in kg/m². Sektor Siegen, Standort* 3.

Sol nu : *Fläche ohne Vegetation.*
Fet : *Fläche mit Festuca silvatica.*
Pol : *Fläche mit Polytrichum formosum.*
Luz : *Fläche mit Luzula albida.*

FIG. 13. — *Distribution histogram of humic matter in different plant spots, in kg/m². Siegenian sector, site* 3.

Sol nu : *spot without any vegetation.*
Fet : *spot with Festuca silvatica.*
Pol : *spot with Polytrichum formosum.*
Luz : *spot with Luzula albida.*

235. *Les courbes de fer mobilisable.*

235.1 Justification de la recherche.

Dans une étude antérieure, HANOTIAUX, G. (16) a proposé la méthode du fer mobilisable (*) pour caractériser les différents types d'humification en forêts ardennaises.

La technique consiste à mettre un même poids de terre en contact avec des solutions d'acide oxalique à concentration croissante. On obtient généralement une courbe d'allure complexe indiquant l'existence de plusieurs formes de composés ferriques intervenant successivement dans les réactions.

L'intérêt de cette technique provient du fait que la mobilisation du fer est sous la dépendance des états préexistant dans le sol. Selon les types d'humification, il se forme différents complexes de chélation et de sorption dont le comportement est très probablement variable dans le réactif oxalique.

En fait, l'allure des courbes dépend des trois facteurs suivants : le type d'humus, la nature de l'horizon pédologique et la composition minérale de la roche-mère pédologique.

HANOTIAUX, dans le travail précité, avait distingué le *fer mobile* et le *fer complexable* correspondant aux concentrations respectives de 1,5 % et 3 % du réactif oxalique. Pour cette étude, le *fer complexable* correspond à la concentration de 5 %.

Il nous a paru intéressant également de déterminer le *fer libre* soluble dans l'hydrosulfite de soude selon la technique de KILMER, V.J. (20).

235.2 Exposé des résultats.

La figure 14 réunit quelques faisceaux de courbes, choisis parmi d'autres et illustrant bien les différentes tendances d'humification.

Le tableau n° 16 donne les valeurs correspondantes du rapport :

$$\frac{\text{fer complexable } (H_2O\bar{x},\ 5\ \%)}{\text{fer libre } (Na_2S_2O_4)}$$

235.3 Observations.

Les courbes sont bien caractéristiques des types d'humus correspondant aux profils représentés.

(*) Le terme « mobilisable » nous paraît actuellement plus adéquat que le terme « mobile » utilisé précédemment.

Le premier faisceau, correspondant à un humus proche du *mull acide* (*station* 1), se caractérise par de faibles valeurs de fer, mais existant sous une forme aisément mobilisable, presque entièrement extractible dès les plus faibles concentrations en acide oxalique. Ces courbes sont bien groupées, indiquant ainsi une bonne diffusion en profondeur des matières humiques responsables de la mobilisation du fer. De même, les valeurs du rapport Fer « complexable »/Fer « libre » sont relativement faibles.

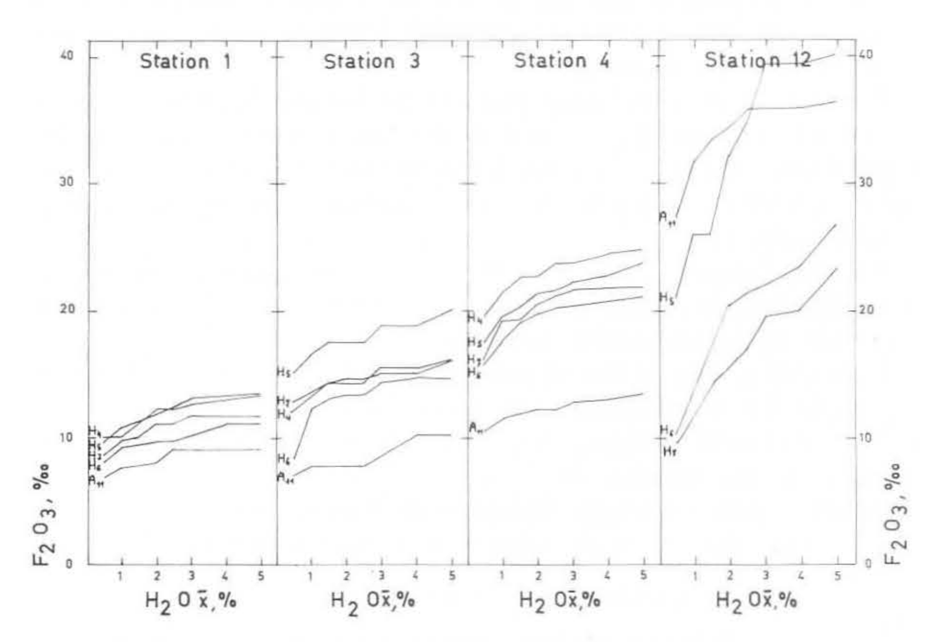


FIG. 14. — Courbes de fer mobilisable (*plages* à sol nu)
en abscisses : concentration en $H_2O\bar{x}$ des solutions d'extraction,
en ordonnées : teneurs en Fe_2O_3, ‰ de terre fine.

ABB. 14. — *Kurven des mobilisierbaren Eisens* (*Vegetationslose Flächen*)
Abszisse : *$H_2O\bar{x}$-Konzentration der Extraktionslösung*
Ordinate : *Fe_2O_3-Gehalt in ‰ Feinerde.*

FIG. 14. — *Mobile iron graph* (*spots without any vegetation*).
Abscissa : *$H_2O\bar{x}$-concentration of extraction solutions.*
Ordinate : *Fe_2O_3 in ‰ of fine earth.*

Les courbes du troisième faisceau (*station* 4) représentent un humus du type *moder*. Elles se détachent nettement vers les plus fortes teneurs en fer ; si l'allure générale reste la même que dans le cas d'un humus *mulloïde*, les courbes ont cependant tendance à se dissocier l'une de

l'autre et couvrent une plus large gamme de valeurs. De plus, les valeurs du rapport Fer « complexable »/Fer « libre » sont nettement plus élevées que dans le cas précédent.

La *station* 3, à humus du type *moder mulleux*, est représentée par le deuxième faisceau de courbes. Celles-ci occupent une situation intermédiaire entre les deux cas précédents.

Enfin, le quatrième faisceau de courbes est caractéristique du *sol brun ocreux* à *dysmoder* avec tendance *mor* de la *station* dégradée n° 12. Les courbes sont nettement dissociées en deux groupes correspondant aux horizons superficiels d'une part, aux horizons minéraux d'autre part ; les premières se détachent vers les fortes valeurs. Celles-ci indiquent la présence de substances à pouvoir complexant intense dans les horizons superficiels. Le manque de diffusion en profondeur de grandes quantités de fer soluble indique toutefois l'absence de phénomènes de podzolisation proprement dite, due sans doute à la forte teneur en argile du milieu. Les valeurs du rapport Fer « complexable »/Fer « libre » sont très élevées spécialement pour les horizons les plus superficiels. Ces phénomènes indiquent une discontinuité dans la répartition verticale des matières organiques complexantes.

Dans des recherches ultérieures, nous nous appliquerons à déterminer quelles sont les matières organiques qui sont responsables des différents comportements des composés ferriques.

Tableau 16

Valeurs du rapport $\frac{\text{Fe compl. } H_2O\bar{x}\ 5\ \%}{\text{Fe soluble } Na_2S_2O_4}$ **pour quelques profils caractéristiques**

$\frac{\text{Fe compl. } H_2O\bar{x}\ 5\ \%}{\text{Fe soluble } Na_2S_2O_4}$ — *Werte für einige charakteristische Bodenprofile*

$\frac{\text{Fe compl. } H_2O\bar{x}\ 5\ \%}{\text{Fe soluble } Na_2S_2O_4}$ — *ratio values for some characteristic soil profiles*

Horizon	*Station* n° 1 Hêtraie à *Festuca* et *Dryopteris*	*Station* n° 3 Hêtraie à *Festuca* et *Luzula*	*Station* n° 4 Hêtraie à *Luzula* typique	*Station* n° 12 Hêtraie à *Vaccinium* et *Deschampsia*
H^3 (A11)	22.6	30.8	59.6	93.7
H^4	27.9	48.7	80.1	
H^5	32.0	57.7	74.3	96.9
H^6	26.1	44.4	67.0	70.0
H^7	26.1	43.0	68.7	77.2

236. *L'acidité.*

236.1 Justification de l'étude.

L'importance écologique du facteur acidité, avec tous ses effets directs et indirects, n'est plus à rappeler.

Nous utiliserons spécialement pour cet exposé les valeurs d'hydrogène échangeable (méthode MEHLICH, 34, avec adaptation pour les horizons holorganiques) et les valeurs d'aluminium échangeable (méthode SPRAIN et BANKS adaptée à nos besoins, 41).

Bien qu'ayant été déterminées dans tous les cas, les valeurs des pH (H_2O) et pH (KCl) ne feront pas l'objet de discussion dans la présente étude. Les études antérieures précitées (10, 32) ont déjà montré que les valeurs sont très peu variables au sein du Grand Groupe des *sols bruns acides* des Ardennes et qu'elles possèdent un faible pouvoir discriminant.

Le pH (H_2O) a des valeurs qui oscillent très étroitement autour de la valeur moyenne de 4,0-4,2.

236.2 L'hydrogène échangeable.

Les trois points suivants ont retenu notre attention :
— Expression en poids par surface et répartition selon l'altitude ;
— Expression en poids par terre fine ;
— Relations des valeurs d'acidité avec d'autres propriétés édaphiques.

236.21 Poids par surface.

236.211 Exposé des résultats.

Le tableau 17 donne les valeurs moyennes pondérées de l'hydrogène échangeable exprimées en équivalents par are. Les graphiques 15 et 16 représentent respectivement l'histogramme de répartition des valeurs par *station* et leur distribution en fonction de l'altitude.

236.212 Observations.

L'examen de ces documents permet les quelques constatations suivantes.

Les lois de répartition des valeurs selon l'altitude se présentent parallèlement à celles déjà signalées pour le carbone et l'azote totaux et pour les composés organiques solubles dans le fluorure sodique.

Au sein de chaque *secteur*, la plupart des *stations* se distinguent les unes des autres.

Les valeurs exprimées en poids par surface ont sans doute une tout autre signification biocénotique que celles concernant des horizons particuliers comparés entre eux, comme les horizons A_1. Nous voyons,

TABLEAU 17

Hydrogène échangeable, éq/are, moyennes pondérées

Austauschbarer Wasserstoff in äq/ar, gewogene Mittel

Exchangeable hydrogen in eq/are, weighted averages

Secteurs	*Stations*	H éch., éq/are
Siegenien de St-Hubert	1	2059
	2	2268
	3	2019
	4	3763
	5	2326
Gedinnien d'Arville	6	1803
	7	2620
	8	3754
	9	2439
	10	2393
	11	2871
	12	2459

par exemple, que des *stations* manifestant déjà certains caractères podzoliques, comme la *station* 10, peuvent présenter des valeurs d'acidité globale nettement plus faibles que celles caractérisant une *station* à florule moins acidophile, comme la *station* 11 à *Poa Chaixii* et à *Deschampsia caespitosa*.

236.22 Expression en poids par terre fine

Au début de ce mémoire, nous avons signalé que *l'expression en poids par terre fine* ne serait retenue que pour les éléments au sujet desquels se posaient immédiatement, sur le plan écologique, des problèmes de concentration dans la terre fine, c'est-à-dire, dans le milieu visité par les racines et portant la vie microbienne.

236.221 Exposé des résultats.

Le tableau 18 rassemble les valeurs moyennes par horizon et par *station*, calculées d'une manière pondérée, pour tenir compte de l'importance relative des différentes *plages* échantillonnées et des épaisseurs des horizons homologues.

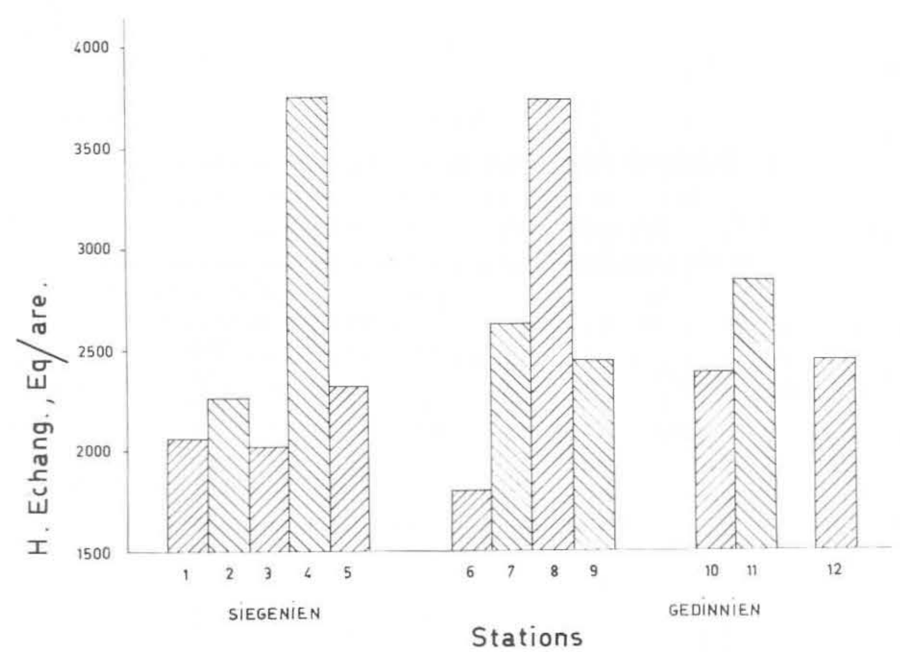


FIG. 15. — Histogramme de répartition de l'hydrogène échangeable, en éq/are, moyennes pondérées par *stations*.

ABB. 15. — *Verteilungshistogramm des austauschbaren Wasserstoffes in äq/ar, gewogene Mittel der Versuchsstationen.*

FIG. 15. — *Distribution histogram of exchangeable hydrogen, in eq/are, weighted averages of the different sites.*

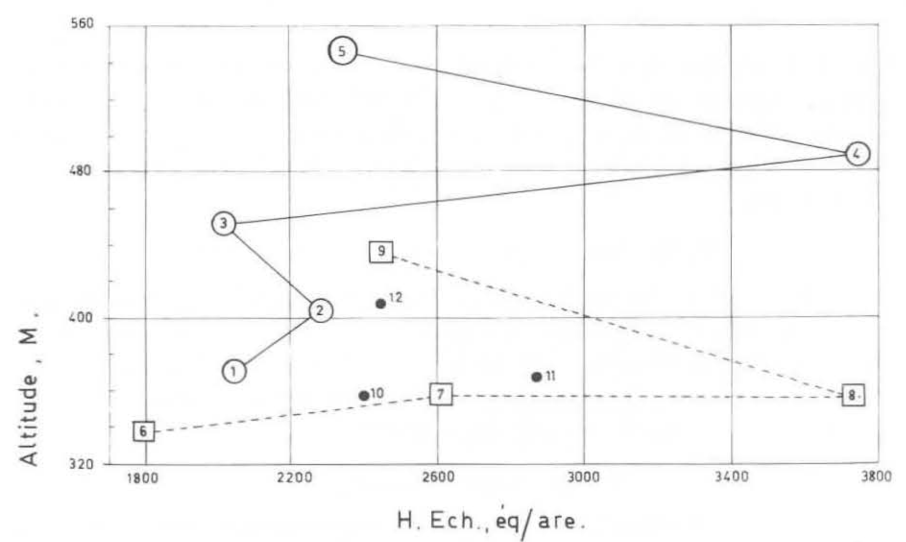


FIG. 16. — Diagramme de répartition de l'hydrogène échangeable, en éq/are, en fonction de l'altitude, en m.

En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 16. — *Verteilung des austauschbaren Wasserstoffes, in äq/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M in m. Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.*

FIG. 16. — *Distribution of exchangeable hydrogen, in eq/are, in relation to elevation, in m. Full line : Siegenian sector ; dotted lined : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

TABLEAU 18

H échangeable, méq/100g de terre fine. Moyennes pondérées par horizon et par STATION

Austauschbare Wasserstoff in mäq/100g Feinerde, gewogene Mittel der Horizonte und der Standorte.

Exchangeable hydrogen in meq/100g fine-earth, weighted averages for horizons and sites.

Secteurs	Horiz.	*Stat.* homol. dans les 2 *sect.*				*Stations* sans homologues		
		1	2	3	4	5		
Siegenien de St-Hubert	Ao	41.2	34.3	46.0	42.8	45.8		
	H_3(A11)	15.6	16.1	23.7	26.2	24.2		
	H_4 (A12)	9.0	11.1	12.0	16.2	15.9		
	H_5 (B1)	6.8	6.4	7.0	10.6	11.5		
	H_6	5.4	3.3	4.6	6.7	7.1		
	H_7	4.7	3.5	3.7	5.1	6.1		
		6	7	8	9	10	11	12
Gedinnien d'Arville	Ao	44.9	44.9	45.2	43.6	48.5	36.6	45.0
	H_3(A11)	14.6	22.8	34.8	26.9	23.9	24.0	25.0 (H3 + H4)
	H_4 (A12)	10.6	14.1	22.7	17.0	16.0	13.8	
	H_5(B1)	7.7	9.3	15.0	10.7	12.0	10.1	11.4
	H_6	5.4	5.7	11.1	7.0	6.7	7.9	5.7
	H_7	—	5.4	8.8	4.4	5.6	—	3.9

236.222 Observations.

L'examen de ce tableau permet quelques déductions.

Les propriétés des horizons holorganiques semblent être pratiquement indépendantes des niveaux *secteur* et *station*.

Comme on pouvait s'y attendre, les variations les plus importantes se marquent au niveau de l'horizon A_1.

Toutefois, l'interprétation doit tenir compte du fait que les épaisseurs de ces horizons ne sont pas nécessairement les mêmes d'une *station* à l'autre. C'est la raison pour laquelle nous complétons les données du tableau 18 par celles du tableau 19 qui ajoute les valeurs de ce que nous appelons *l'indice de répartition verticale.*

Cette valeur, purement conventionnelle, se calcule par la formule :

$$i_{rv} = \frac{[x] - [x']}{P_{x'} - P_x}$$

dans laquelle : [x] et [x'] représentent les concentrations de l'élément donné dans les horizons extrêmes considérés, [x] appartenant au plus superficiel ;

P_x et P_x', représentent les profondeurs moyennes de ces horizons, exprimées en dm.

En l'occurrence, nous avons retenu les horizons A_{11} et H_7.

TABLEAU 19

INDICES DE RÉPARTITION VERTICALE de l'hydrogène échangeable

Vertikaler Verteilungsindex des austauschbaren Wasserstoffes

Vertical distribution index of exchangeable hydrogen

	Secteur Siegenien			*Secteur* Gedinnien	
Stations	H éch. de l'hor. A_{11} méq/100g	i_{rv}	*Stations*	H éch. de l'hor. A_{11} méq/100g	i_{rv}
1	15.6	2.07	6	14.6	2.08
2	16.1	2.47	7	22.8	3.91
3	23.7	4.96	8	34.8	5.64
4	26.2	5.10	9	26.9	5.37
5	24.2	4.43	10	23.9	3.95
			11	24.0	3.84
			12	—	—

Le graphique 17 donne la répartition, selon l'altitude, des valeurs des *indices de répartition verticale* et des teneurs des horizons A_{11} en hydrogène échangeable.

On constate immédiatement que les deux courbes manifestent des allures semblables mais avec des amplitudes de variations différentes.

Ces deux types de courbes semblent répartir les humus en deux groupes bien distincts, celui des *stations* 1 et 2 et celui des *stations* 3, 4 et 5.

Ce point sera discuté dans les conclusions générales de la PREMIÈRE PARTIE.

236.23 Relations avec d'autres propriétés édaphiques.

236.231 Justification.

Le problème posé pratiquement est de savoir quelles sont les valeurs pédologiques qui sont en relation le plus étroite avec l'acidité. Il y a d'ailleurs, deux aspects différents à ce problème. Le premier s'intéresse à l'interprétation biochimique et physico-chimique des propriétés d'acidité. Le second s'intéresse à la description pédobiocénotique des stations ; il serait, en effet, très intéressant qu'on en arrive à proposer, éventuellement, des coefficients permettant de passer d'une valeur à l'autre : une sérieuse économie d'analyses serait alors possible.

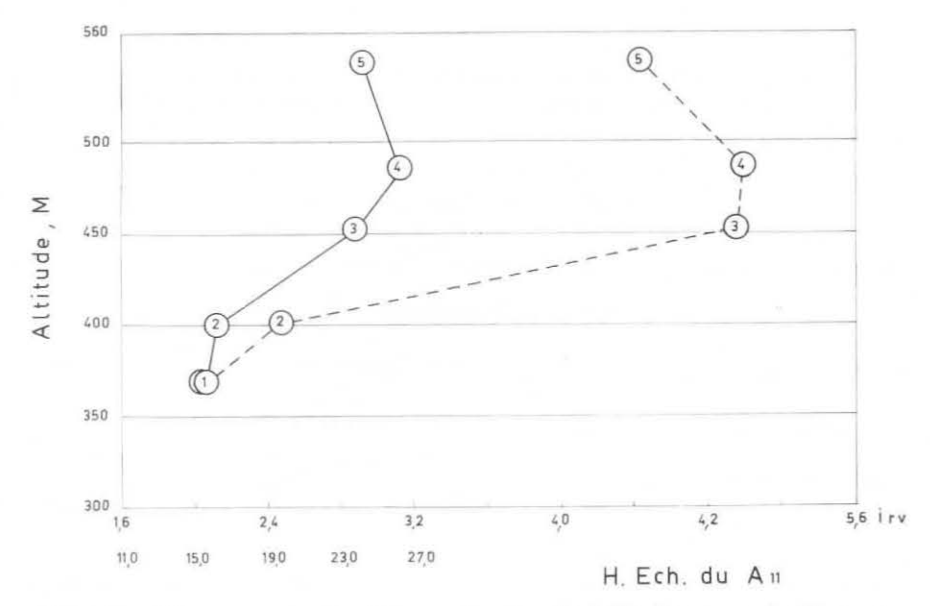


FIG. 17. — Diagramme de répartition en fonction de l'altitude, en m, de l'hydrogène échangeable de l'horizon A_1, en méq/100g (trait continu) et des *indices de répartition vertical* (trait interrompu). Secteur Siegenien.

ABB. 17. — *Verteilung, in Beziehung auf die Höhe ü/M, in m, des austauschbaren Wasserstoffgehaltes des A_1-Horizontes, in mäq/100g (Vollinie) und des vertikalen Verteilungsindexes (Strichlinie). Sektor Siegen.*

FIG. 17. — *Distribution, in relation to elevation, in m, of exchangeable hydrogen of A_1-horizon, in meq/100g (full line), and of vertical distribution index (dotted line). Siegenian sector.*

Nous nous bornons, à titre provisoire et très approximatif, à reproduire un tableau donnant quelques coefficients de corrélation pour un *secteur* donné, le *secteur* siegenien considéré dans son ensemble. Nous réservons pour l'avenir une étude au niveau *station.*

236.232 Premier exposé des résultats.

Le tableau 20 fixe une série de coefficients de corrélation entre les valeurs de l'hydrogène échangeable et d'autres valeurs édaphiques.

236.233 Observations.

L'identité d'allure entre de multiples courbes de répartition des valeurs édaphiques selon l'altitude nous a fait prévoir qu'il devait exister des relations entre plusieurs d'entre elles. Le tableau suivant précise les corrélations obtenues.

Le fait le plus intéressant que nous tenons à souligner actuellement est le suivant : ce sont les fortes valeurs de corrélation avec le carbone total, les M.H.T. et la fraction H.T.—M.H.T.

TABLEAU 20

Coefficients de corrélation de H échangeable avec d'autres caractères édaphiques. (SECTEUR siegenien de St-Hubert, 30 degrés de liberté)

Wechselbeziehungskoeffizient zwischen austauschbarem Wasserstoff und verschiedenen anderen Werten. (Sektor Siegen von St Hubert, 30 Freiheitsgrade)

Correlation coefficients between exchangeable hydrogen and several other edaphic factors. (Siegenian sector, St Hubert, 30 degrees of freedom)

Horiz.	Coefficients de corrélation de H échangeable avec							
	C	N	C/N	MHT	MHP	MHNP	HT-MHT	argile
H3 (A11)	0.82	0.66	0.15	0.79	0.61	0 50	0.78	—
H4 (A12)	0.77	0.31	0.48	0.82	0.70	0.87	0.69	0.56
H6	0.63	0.59	0.45	0.42	0.06	0.42	0.60	0.59

Or la fraction H.T.—M.H.T., échappant à l'action du fluorure sodique, comprend deux parties très différentes : la première renferme les débris organiques peu décomposés ; la seconde correspond, au contraire, à la partie très évoluée complexée avec les colloïdes argileux.

Il est probable que la première partie agit simplement comme réservoir sorptif ; la seconde, par contre, pourrait manifester l'activité des ions Al^{+++} dans la fraction argileuse des complexes organo-minéraux.

Une étude plus complète des lois de l'interprétation des faits de l'acidité est en cours. Un travail spécialisé paraîtra ultérieurement.

236.3 L'aluminium échangeable

236.31 Justification de l'étude.

Les travaux de nombreux auteurs, tels PAVER et MARSHALL (37) ; CHERNOV (6), SCHOFIELD (40), LAUDELOUT et EECKMANN (23)... ont montré que les sols acides doivent être considérés comme des sols H—Al Les ions H+, d'origine biologique, se fixent sur l'argile et une certaine quantité d'aluminium est libérée du réseau cristallin, sous forme échangeable. Pour ALECHINE (3), l'acidité des horizons minéraux est surtout influencée par l'aluminium, tandis que les horizons holorganiques restent sous la dépendance de l'hydrogène des groupements organiques ionisables.

Le caractère de toxicité de l'aluminium pour de nombreux végétaux confère un intérêt écologique direct à l'étude de cet élément.

Comme pour l'hydrogène échangeable, nous considérons successivement les trois points suivants :

— Expression en poids par surface et répartition altitudinale ;
— Expression en poids par terre fine ;
— Relations avec d'autres propriétés édaphiques, corrélations.

236.32 Poids par surface.

236.321 Exposé des résultats.

Le tableau 21 rassemble les valeurs moyennes pondérées par *station* de l'aluminium échangeable, exprimé en équivalents par are.

Établi sur la base de ces valeurs, le graphique 18 donne la répartition de l'aluminium en fonction de l'altitude.

Tableau 21

Aluminium échangeable, éq/are, moyennes pondérées

Austauschbares Aluminium in äq/ar, gewogene Mittel

Exchangeable aluminium in eq/are, weighted averages

Secteurs	*Stations*	Al. éch., éq/are
Siegenien de St-Hubert	1	800
	2	996
	3	1.000
	4	1.560
	5	1.032
Gedinnien d'Arville	6	785
	7	1.183
	8	1.106
	9	694
	10	844
	11	963
	12	943

236.322 Observations.

L'examen des valeurs montre que la distribution altitudinale suit une loi parallèle à celle observée pour les autres éléments. Les différentes *stations* possèdent des valeurs bien distinctes se groupant sur deux courbes caractérisant chacun des *secteurs*.

Au niveau *station*, il faut surtout observer que les valeurs les plus fortes ne correspondent pas nécessairement aux *stations* les moins productives.

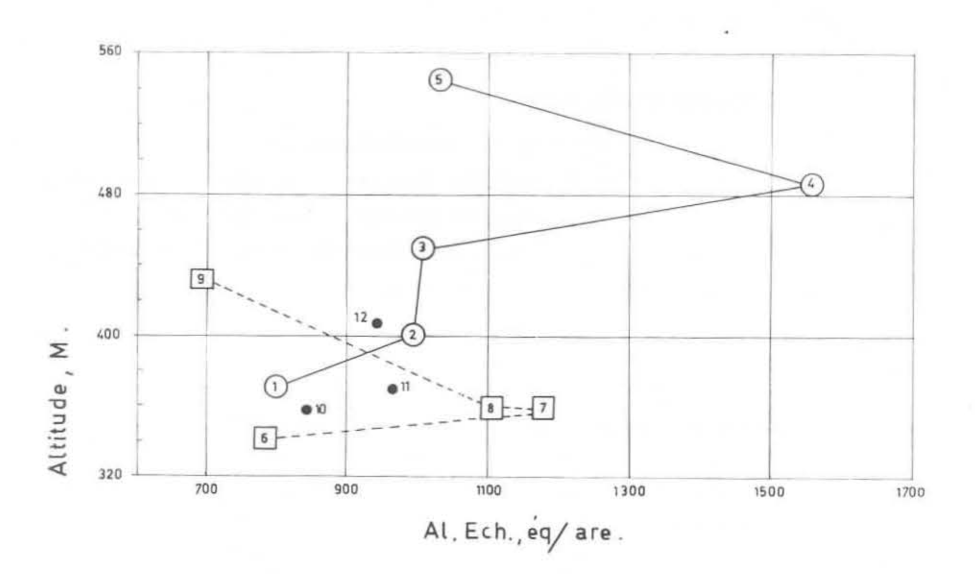


FIG. 18. — Diagramme de répartition de l'aluminium échangeable, en éq/are, en fonction de l'altitude, en m.
En trait continu : *secteur* Siegenien ; en trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 18. — *Verteilung des austauschbaren Aluminiums, in äq/ar, in Beziehung auf die Höhe ü/M, in m. Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.*

FIG. 18. — *Distribution of exchangeable aluminium, in eq/are, in relation to elevation, in m. Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.*

236.33 Expression en poids par terre fine

236.331 Exposé des résultats.

Le tableau 22 donne les valeurs moyennes d'aluminium échangeable par horizon et par *station*, sur la base de la terre fine.

236.332 Observations.

Une différence d'allure apparaît, à première vue, entre les deux *secteurs*. Sur le Siegenien, la plus forte valeur d'aluminium échangeable s'observe au niveau de l'horizon hémorganique inférieur (H_4, assimilé à un A_{12}) et diminue de part et d'autre de cet horizon. Sur le Gedinnien, par contre, cinq des sept *stations* étudiées ne présentent pas cette particularité : le maximum des valeurs y apparaît dès le A_{11}.

TABLEAU 22

Al. échangeable, méq/100g de terre fine. Moyennes pondérées par station

Austauschbares Aluminium, mäq/100g Feinerde, gewogene Mittelwerte für Horizonte und Standorte

Exchangeable aluminium in meq/100g fine-earth, weighted averages for horizons and sites

Secteurs	Horiz.	*Stations* homologues par *secteurs*				*Stations* sans homologues dans les 2 *secteurs*		
		1	2	3	4	5		
Siegenien de St-Hubert	H_3 (A11)	3.47	4.77	4.33	7.74	5.59		
	H_4 (A12)	3.44	*5.29*	*4.89*	*8.34*	*7.76*		
	H_5 (B1)	3.29	3.89	4.66	4.81	6.42		
	H_6	2.21	1.62	2.78	2.06	3.21		
	H_7	1.90	1.42	2.28	2.11	2.31		
		6	7	8	9	10	11	12
Gedinnien d'Arville	H_3 (A11)	*5.98*	*8.27*	7.19	*7.55*	6.89	*7.76*	} *10.34*
	H_4 (A12)	4.26	6.61	*9.15*	6.11	*7.84*	5.52	
	H_5 (B1)	3.58	4.45	5.24	3.17	4.83	3.13	4.22
	H_6	2.62	2.78	2.57	1.76	1.85	1.96	2.27
	H_7	—	2.81	2.19	1.37	1.66	—	1.67

Les graphiques 19 et 20 illustrent les différences d'allure entre les deux *secteurs*.

Notons dès à présent que l'existence de deux modes de répartition verticale de l'aluminium échangeable se confirme pour d'autres *secteurs* et d'autres *stations* dont l'étude est actuellement en cours.

236.34 Relations avec d'autres propriétés édaphiques.

236.341 Exposé des résultats.

Le tableau 23 rassemble les valeurs des coefficients de corrélation linéaire entre l'aluminium échangeable et d'autres propriétés du sol et tout d'abord, l'hydrogène échangeable. Ces valeurs sont fournies rappelons-le, pour le *secteur* siegenien.

236.342 Observations.

Comme pour l'hydrogène échangeable des réserves sont à maintenir quant à la signification statistique des coefficients précédents. Toutefois les tendances suivantes semblent se manifester :

— une corrélation étroite avec l'hydrogène échangeable n'apparaît pas au niveau de l'horizon A_{11} ; elle se manifeste cependant dans les horizons plus profonds ;

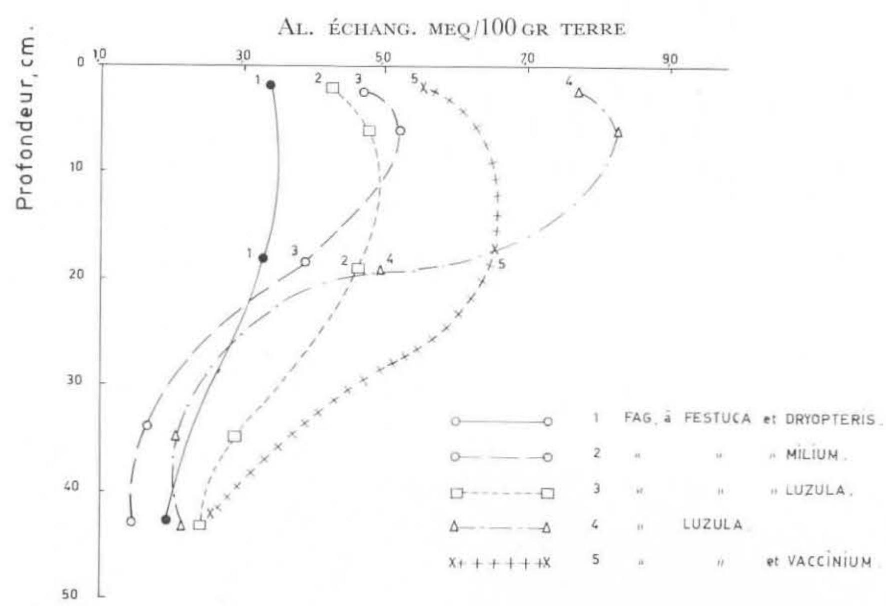


FIG. 19. — Diagramme de distribution verticale de l'aluminium échangeable, en méq/100g *Secteur* Siegenien

ABB. 19. — *Vertikale Verteilung des austauschbaren Aluminiums, in mäq/100g. Sektor Siegen*

FIG. 19. — *Vertical distribution of exchangeable aluminium, in meq/100g. Siegenian sector*

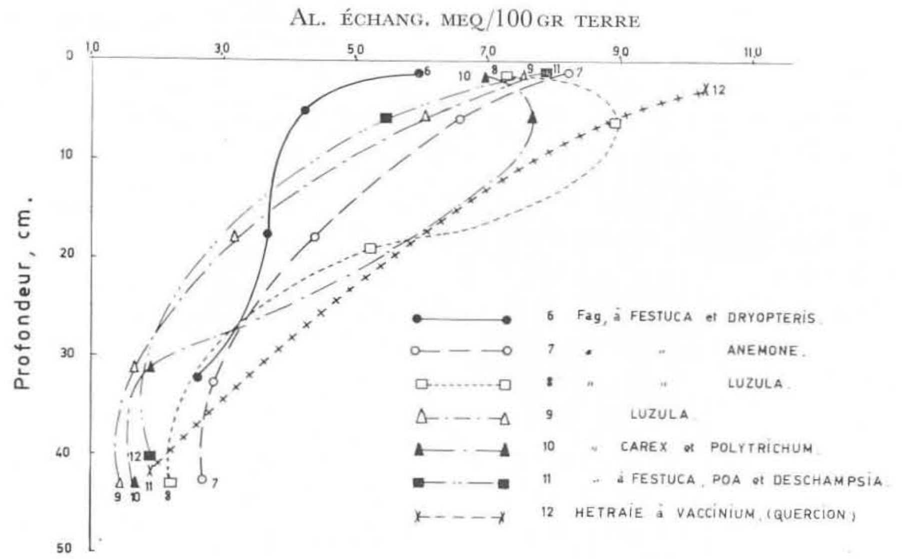


FIG. 20. — Diagramme de distribution verticale de l'aluminium échangeable, en méq/100g. *Secteur* Gedinnien

ABB. 20. — *Vertikale Verteilung des austauschbaren Aluminiums, in mäq/100g. Sektor Gedinne*

FIG. 20. — *Vertical distribution of exchangeable aluminium, in meq/100g. Gedinnian sector*

— la fraction organique qui semble fournir la meilleure corrélation est la fraction MHNP, du moins dans les deux horizons supérieurs ; il existe d'ailleurs souvent une allure parallèle de répartition en profondeur des deux éléments, Al échangeable et MHNP ;

— c'est au niveau de l'horizon H_4 ou A_{12} qu'apparaissent les valeurs des coefficients les plus élevées pour la majorité des éléments considérés ; cette observation a son importance pour la définition écologique et physico-chimique de cet horizon.

TABLEAU 23

Coefficients de corrélation de l'aluminium échangeable avec d'autres caractères édaphiques. (SECTEUR siegenien de St-Hubert, 30 degrés de liberté)

Wechselbeziehungskoeffizient zwischen austauschbarem Aluminium und verschiedenen anderen Werten (Sektor Siegen von St Hubert, 30 Freiheitsgrade)

Correlation coefficients between exchangeable aluminium and several other edaphic factors. (Siegenian sector, St Hubert, 30 degrees of freedom)

Horiz.	Coefficients de corrélation de Al échangeable avec								
	H éch.	C	N	C/N	MHT	MHP	MHNP	HT-MHT	Argile
H_3 (A11)	0.34	0.26	—0.08	0.17	0.15	0.06	0.57	0.26	—
H_4 (A12)	0.83	0.52	0.05	0.52	0.48	0.32	0.70	0.49	0.68
H_6	0.64	0.54	0.52	0.34	0.26	—0.12	0.28	0.52	0.30

236.4 Observations générales sur l'acidité au niveau plage.

Dans l'ensemble, il apparaît que les *plages* à sol nu représentent les aires le plus acides des stations, tandis que les *plages* à *Festuca silvatica* et *Polytrichum formosum* se trouvent généralement à l'opposé, les *plages* à *Luzula albida* se rapprochant souvent des *plages* à sol nu.

A titre d'exemple, on trouvera au tableau 24 quelques valeurs représentatives concernant la *station* 8.

236.5 Conclusions.

Les observations relatives à la distribution des valeurs de l'acidité nous permettent les quelques conclusions ci-après.

— Les valeurs exprimées en poids par surface donnent des courbes de répartition altitudinale qui sont analogues à celles concernant la

matière organique. Les niveaux *secteur*, *station* se distinguent nettement. Des probabilités existent pour qu'il en soit de même au niveau *plage*.

— Exprimées par rapport à la terre fine, les valeurs donnent des modes de répartition verticale variables selon la tendance générale de l'humification.

— L'économie en hydrogène échangeable n'est pas toujours parallèle à celle de l'aluminium échangeable. Par exemple, dans beaucoup de *stations*, les courbes de répartition verticale sont différentes, suivant l'élément. L'hydrogène a toujours ses plus fortes valeurs dans l'horizon A_{11}, ce qui n'est pas toujours le cas pour le second élément.



PHOTO 3. — *Secteur* gedinnien, *station* 8, *Luzulo-Fagetum festucetosum*, variante typique.

Tableau 24

Hydrogène échangeable, en éq/m², valeurs par PLAGES pour la STATION 8 (SECTEUR gedinnien)

Austauschbarer Wasserstoff äq/m², Vegetationsflächenwerte für Standort 8 (Sektor Gedinne)

Exchangeable hydrogen eq/m², plant spot values for site 8 (Gedinnian sector)

Plages	Profils	H éch., éq/m²
Sol nu	P. 1	37
	P. 2	41
Festuca silvatica	P. 1	27
	P. 2	31
Polytrichum formosum	P. 1	23
	P. 2	24
Luzula albida	P. 1	35
	P. 2	43

— A première vue, des corrélations apparaissent entre les valeurs d'acidité et plusieurs données concernant la matière organique. L'interprétation biocénotique, biochimique et physico-chimique de ce phénomène sera recherchée progressivement.

237. *Premières données sur la dynamique des éléments nutritifs.*

237.1 Justification.

Dans le cadre de l'étude en cours, nous avons retenu plus particulièrement un aspect dynamique de la répartition des matières nutritives pour déterminer l'influence éventuelle du type d'humification.

Nous donnons, en fait, la première partie d'une documentation qui doit concerner progressivement une étude des bilans nutritifs.

Pour le présent mémoire, nous avons choisi comme *stations*, celles qui ont fait l'objet de la détermination des coefficients de Jenny mentionnée antérieurement.

En attendant un travail plus complet, nous nous bornerons à livrer dans cette publication, les valeurs intéressant les horizons holorganiques L et Ao.

237.2 Exposé des résultats.

Les points suivants ont plus spécialement retenu notre attention :

— variations des teneurs en cendres des horizons holorganiques ;

— variations de la composition centésimale des horizons holorganiques ;
— variations de la répartition des éléments nutritifs exprimés en poids par unité de surface ;
— variations de quelques rapports ioniques.

Dans les matériaux en cause, nous avons déterminé des formes totales des divers éléments, par l'analyse des cendres : calcium, potassium et sodium ont été dosés par photométrie de flamme, le magnésium par colorimétrie au jaune de thiazol, le phosphore par colorimétrie du complexe phospho-molybdique ; l'azote total a été déterminé suivant la méthode classique de Kjeldahl.

237.21 Variations des teneurs en cendres des horizons holorganiques.

237.211 Résultats.

Le tableau 25 rassemble les valeurs moyennes pour les neuf *stations* prises en considération.

Tableau 25

Teneurs en cendres des litières et horizons holorganiques

Glührückstand der Laubstreu und der holorganischen Horizonte (Ao), in % Trockensubstanz

Ash content of litter and holorganic horizons (Ao), in % dry matter

Secteurs	*Stations*	Cendres, % de mat. s.	
		litières, L	Horizons Ao
Siegenien	1	9.56	18.65
de	2	7.71	16.30
St-Hubert	3	10.55	26.81
	4	5.16	12.34
	6	7.09	17.95
Gedinnien	7	6.15	23.56
d'Arville	8	4.53	14.64
	9	6.40	14.80
	12	3.73	11.09

237.212 Observations.

Au sein de chaque *station*, les teneurs en cendres se montrent assez variables d'un échantillon à l'autre, particulièrement dans le cas des

horizons holorganiques Ao. Ces variations sont, sans doute, imputables au prélèvement lui-même, qui n'est pas toujours aisé, par suite de la difficulté de fixer une limite inférieure précise aux couches holorganiques. Il faut tenir compte également de toutes les formes de pollution qui peuvent intervenir : actions de brassage de la faune invertébrée et des mammifères rongeurs, passage des grands animaux, de l'homme, des engins forestiers, etc...

Toutefois, les valeurs moyennes obtenues au niveau *station* indiquent des tendances systématiques. La *station* dégradée 12 possède les valeurs les plus faibles et correspond très probablement à une moindre pollution minérale, par la faune fouisseuse. L'argument inverse peut être invoqué pour la *station* 3 qui a des propriétés biocénotiques spéciales, dont nous reparlerons ultérieurement.

En général, on peut constater sur le terrain même, que les débris coprogènes riches en matières minérales abandonnés par les représentants de la pédofaune sont plus nombreux quand l'humification est proche du type *mull acide*. Nos résultats ne font que confirmer cette observation.

237.22 Variations des compositions centésimales.

237.221 Litières.

237.221.1 Résultats.

Les valeurs moyennes figurent aux tableaux 26 et 27. Le second tableau présente les résultats par rapport à la matière organique totale. Cette expression nous paraît préférable à celle relative aux cendres. En effet, la matière minérale que l'on pèse comme résidu de calcination comprend, pour certaines *stations*, une part importante de substances de pollution. Il ne s'agit donc pas de cendres au sens le plus habituel du terme.

237.221.2 Observations.

a) Nos valeurs sont en général nettement plus faibles que celles citées par des auteurs comme Lutz et Chandler (24), Aaltonen (1) etc. Elles sont également inférieures à celles trouvées antérieurement dans notre laboratoire par Fuchs (14).

Deux facteurs pourraient expliquer ces différences. Le premier est le mode de prélèvement lui-même. Les auteurs préci'és ont récolté de la litière très fraichement tombée, qui n'avait pas encore subi d'altération. Dans notre cas, le prélèvement de la litière s'est effectué à la fin de la période de chute des feuilles, à un moment où les premières parties avaient déjà subi un début d'altération. Le second facteur pourrait

TABLEAU 26

Composition centésimale des litières, en % de matière sèche

Zusammensetzung der Laubstreu, in % Trockensubstanz

Litter composition, in % dry matter

Secteurs	*Stations*	Eléments nutritifs, en % de mat. sèche					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	0.429	0.136	0.051	0.014	0.012	1.32
	2	0.433	0.163	0.066	0.012	0.011	1.19
	3	0.381	*0.393*	*0.101*	*0.018*	*0.016*	1.27
	4	0.399	0.151	0.098	0.009	0.011	1.22
Gedinnien d'Arville	6	0.677	0.124	0.117	0.012	0.010	1.20
	7	0.631	0.116	0.090	0.007	0.010	1.34
	8	0.406	0.088	0.124	0.007	0.009	1.25
	9	0.507	0.113	0.074	0.007	0.009	1.24
	12	0.610	0.071	0.160	0.009	0.011	1.11

TABLEAU 27

Composition centésimale des litières, en % de matière organique

Zusammensetzung der Laubstreu, in % organischer Substanz

Litter composition, in % organic matter

Secteurs	*Stations*	Eléments nutritifs, en % de mat. organique					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	0.476	0.149	0.057	0.015	0.013	1.46
	2	0.471	0.177	0.072	0.013	0.012	1.29
	3	0.426	*0.439*	*0.113*	*0.020*	*0.018*	1.42
	4	0.423	0.159	0.103	0.010	0.012	1.29
Gedinnien d'Arville	6	0.730	0.134	0.126	0.013	0.010	1.29
	7	0.673	0.123	0.096	0.007	0.010	1.43
	8	0.434	0.092	0.131	0.007	0.009	1.31
	9	0.542	0.121	0.079	0.007	0.010	1.32
	12	0.635	0.074	0.166	0.009	0.011	1.15

être de nature physiologique. L'année de prélèvement a coïncidé avec une forte fructification généralisée. Il est probable que la composition chimique des feuilles mortes s'en soit trouvée quelque peu modifiée.

b) Le facteur géologique (niveau *secteur*) semble agir sur la composition des feuilles mortes en certains éléments. Dans l'ensemble, les litières des *stations* sur Siegenien se montrent plus riches en magnésium et en phosphore. Par contre, elles apparaissent plus pauvres en calcium et en potassium.

c) Au niveau *station*, on observe un comportement particulier de la *station* 3, relativement à ses voisines. Elle se montre spécialement riche en tous les éléments, sauf en calcium.

La *station* 12 fournit une litière relativement bien pourvue en calcium et potassium, mais plus pauvre en magnésium et en azote. L'âge du peuplement a peut-être son importance. Il se situe aux environs de 110 ans contre 170 en moyenne pour les autres *stations*.

237.222 Horizons holorganiques Ao.

237.222.1 Résultats.

Les tableaux 28 et 29 donnent les valeurs moyennes par *station*.

TABLEAU 28

Composition centésimale des horizons Ao, en % de mat. sèche

Zusammensetzung der holorganischen Horizonte (Ao), in % Trockensubstanz

Composition of holorganic horizons (Ao), in % dry matter

Secteurs	*Stations*	Eléments nutritifs, en % de mat. sèche					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	0.489	0.215	0.039	0.019	0.017	1.83
	2	0.419	0.264	0.041	0.019	0.016	1.75
	3	0.356	0.304	0.040	0.026	0.017	1.65
	4	0.382	0.156	0.037	0.015	0.015	1.90
Gedinnien d'Arville	6	0.640	0.233	0.052	0.016	0.016	1.81
	7	0.394	0.276	0.047	0.017	0.014	1.84
	8	0.407	0.196	0.041	0 010	0.014	2.01
	9	0.551	0.200	0.045	0.011	0.015	1.88
	12	0.502	0.175	0.037	0.017	0.014	1.82

TABLEAU 29

Composition centésimale des horizons Ao, en % de mat. organique

Zusammensetzung der holorganischen Horizonte (Ao), in % organischer Substanz

Composition of holorganic horizons (Ao), in % organic matter

Secteurs	*Stations*	Eléments nutritifs, en % de mat. organique					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	0.602	0.264	0.048	0.023	0.021	2.25
	2	0.500	0.315	0.049	0.023	0.019	2.09
	3	0.485	0.415	0.055	0.035	0.023	2.26
	4	0.435	0.178	0.042	0.017	0.017	2.16
Gedinnien d'Arville	6	0.771	0.284	0.063	0.019	0.019	2 20
	7	0.516	0.361	0.062	0.022	0.018	2.41
	8	0.478	0.230	0.048	0.012	0.016	2.36
	9	0.646	0.235	0.053	0.013	0.017	2.21
	12	0.563	0.197	0.042	0.019	0.015	2.04

237.222.2. Observations.

Au niveau *secteur*, les différences tendent à s'atténuer entre le Siegenien et le Gedinnien.

Au niveau *station*, des différences se manifestent encore. Il nous semble cependant prématuré de vouloir y déceler des tendances systématiques. Le comportement particulier de la *station* 3 apparaît encore, spécialement pour le magnésium, dont la valeur se maintient à un niveau relativement élevé. La *station* dégradée 12 laisse encore apparaître un certain déficit relatif en magnésium et en azote.

237.223 Variations des rapports Ao/L, sur la base des teneurs en éléments nutritifs

237.223.1 Justification.

Il nous a paru intéressant de rechercher l'existence éventuelle de relations entre les deux couches holorganiques, concernant la composition chimique.

Dans les types d'humus oscillant autour des *moder*, les couches holorganiques de surface jouent un rôle important dans les cycles nutritifs. Il nous importe essentiellement d'observer si la composition de l'horizon Ao a tendance à s'enrichir ou à s'appauvrir en certains éléments, par

rapport à celle de la litière, L. Ce premier aspect, purement statique devra s'accompagner ultérieurement d'une interprétation à caractère dynamique.

237.223.2 Résultats.

Le tableau 30 rassemble les valeurs obtenues.

TABLEAU 30

Comparaison des horizons L et Ao, sur la base des teneurs en éléments nutritifs, % de mat. organique

Vergleich der Horizonte L und Ao, auf Grund der Nährstoffgehalte, in % organischer Substanz

Comparison of nutrients content, in % organic matter, of L- and Ao-horizon

Secteurs	*Stations*	Rapport $\frac{Ao}{L}$, en éléments nutritifs, en % de mat. organique					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
	1	1.27	1.77	0.84	1.53	1.62	1.54
Siegenien	2	1.06	1.78	0.68	1.77	1.65	1.62
de	3	1.14	0.95	0.49	1.75	1.28	1.59
St-Hubert	4	1.03	1.12	0.41	1.70	1.48	1.67
	6	1.06	2.12	0.50	1.46	1.90	1.71
Gedinnien	7	0.77	2.93	0.65	3.14	1.75	1.68
d'Arville	8	1.10	2.50	0.37	1.71	1.78	1.80
	9	1.19	1.94	0.67	1.86	1.79	1.67
	12	0.89	2.66	0.25	2.11	1.36	1.77

237.223.3 Observations.

a) Dans l'ensemble, pour chacun des éléments chimiques considérés, les valeurs oscillent plus ou moins étroitement autour de moyennes qui pourraient apparaître, en première approximation, comme des *indices régionaux*, en attendant une information plus complète.

b) A première vue, des différences systématiques entre *secteurs* n'apparaissent guère que pour le magnésium et, dans une mesure moindre, pour le phosphore.

c) La comparaison des divers éléments permet tout d'abord d'observer que les rapports de composition centésimale oscillent autour des

mêmes moyennes pour le sodium, l'acide phosphorique et l'azote, et même le magnésium pour le *secteur* siegenien. Par contre les chiffres sont notablement plus bas pour le potassium et, dans une plus faible mesure, pour le calcium.

237.23 Répartition des éléments nutritifs exprimés en poids par surface.

237.231 Litières.

237.231.1 Résultats.

Le tableau 31 résume les données concernant les litières, L.

TABLEAU 31

Éléments nutritifs des litières, en g/are

Laubstreunährstoffgehalte, in g/ar

Litter nutrients, in g/are

Secteurs	*Stations*	Eléments nutritifs, g/are					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	148	43	16	5	4	424
	2	152	51	25	4,5	4	365
	3	*229*	*221*	*63*	*10,5*	*10*	*713*
	4	170	62	43	4	5	483
Gedinnien d'Arville	6	322	60	55	5	4,5	527
	7	403	74	59	4,5	6	787
	8	229	50	71	4	5	656
	9	303	67	46	4,5	5,5	690
	12	277	33	74	4	5	475

237.231.2 Observations.

a) Au niveau *secteur*, on observe une tendance assez générale à des valeurs un peu plus élevées dans le *secteur* gedinnien d'Arville.

b) Au niveau *station*, à signaler, une nouvelle fois, le comportement particulier de la *station* 3 sur laquelle se portent les valeurs le plus élevées pour le *secteur* siegenien, et cela pour tous les éléments.

La *station* dégradée 12 manifeste un déficit plus ou moins net en calcium, magnésium et azote, et, au contraire, un net excès en potassium.

237.232 Horizons Ao.

237.232.1 Résultats.

Le tableau 32 rassemble les valeurs moyennes par *station*.

TABLEAU 32

Éléments nutritifs des horizons Ao, en g/are

Nährstoffgehalte der holorganischen Horizonte (Ao), in g/ar

Nutrients of holorganic horizons (Ao), in g/are

Secteurs	*Stations*	Eléments nutritifs, g/are					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	451	206	37	20	16	1613
	2	508	334	44	19	16	1763
	3	518	*512*	*59*	*38*	*24*	2230
	4	563	252	51	19	22.5	2591
Gedinnien d'Arville	6	750	271	60	16	17,5	2026
	7	598	518	82	26	23	2649
	8	665	302	64	17	23,5	3063
	9	874	341	66	16	22,5	2637
	12	669	282	52	14	20	2149

237.232.2 Observations.

Les observations sont les mêmes que précédemment au niveau *secteur*. La *station* 3 maintient son comportement spécial.

237.233 Variations des rapports Ao/L, sur la base des poids par surface des éléments nutritfs.

237.233.1 Résultats.

Ces rapports ont, en quelque sorte, la valeur d'indices d'accumulation superficielle. Inversément, ils peuvent être interprétés en première approximation, comme des indices de vitesse de circulation, si l'on tient compte du fait que les phénomènes de lessivage par les eaux météoriques ne sauraient être très différents d'une *station* à l'autre.

Les valeurs moyennes des rapports en cause sont groupées dans le tableau 33.

Tableau 33

Comparaison des horizons L et Ao, sur la base des poids d'éléments nutritifs par unité de surface

Vergleich der Horizonte L und Ao, auf Grund der Nährstoffgewichte pro Ar

Comparison of nutrients content, in g/are, of L- and Ao-horizons

Secteurs	*Stations*	Rapport $\frac{Ao}{L}$, en poids par surface des éléments nutritifs					
		Ca	Mg	K	Na	PO_4	N
Siegenien de St-Hubert	1	3.05	4.84	2.31	4.00	4.00	3.80
	2	3.34	6.54	1.76	4.22	4.00	4.83
	3	*2.26*	*2.31*	*0.94*	*3.62*	*2.40*	*3.13*
	4	3.31	4.06	1.19	4.75	4.50	5 36
Gedinnien d'Arville	6	2.33	4.55	1.09	3.20	3.89	3.84
	7	1.49	6.98	1.39	5.78	3.83	3.37
	8	2.90	6.05	0.90	4.25	4.70	4.66
	9	2.88	5.10	1.43	3.56	4.09	3.82
	12	2.42	8.60	0.70	3.50	4.00	4.53

237.233.2 Observations.

a) Un premier élément apparaît immédiatement. Ce rapport est en moyenne deux à trois fois plus élevé que celui déterminé pour les poids en % de matières sèches.

b) Un second élément, c'est la constance relative des valeurs pour le magnésium, le sodium, l'acide phosphorique et l'azote. Le potassium manifeste un indice de concentration superficielle nettement plus faible, et, dans une mesure moindre, le calcium également.

c) Un dernier fait à souligner une nouvelle fois, c'est le comportement spécial de la *station* 3 qui présente des valeurs plus faibles que les *stations* voisines.

d) Enfin la *station* dégradée 12, offre un indice de concentration en magnésium beaucoup plus élevé que l'ensemble.

237.24 Variations de quelques rapports ioniques.

Plusieurs des constatations précédentes prennent une allure plus frappante si l'on fait usage de rapports.

En attendant une étude plus complète, nous nous bornons à donner deux rapports, Ca/Mg et alcalino-terreux/alcalins.

237.241 Rapport $\frac{Ca}{Mg}$

237.241.1 Résultats.

Le tableau 34 rassemble les valeurs moyennes obtenues, sur la base des données des tableaux 27 et 29, exprimées en milliéquivalents.

TABLEAU 34

Valeurs du rapport $\frac{Ca}{Mg}$ dans les horizons holorganiques

$\frac{Ca}{Mg}$ — *Werte der holorganischen Horizonte*

$\frac{Ca}{Mg}$ — *ratio of holorganic horizons*

Secteurs	*Stations*	Rapport Ca/Mg	
		Litières, L	Horizons Ao
Siegenien de St-Hubert	1	1.92	1.37
	2	1.60	0.95
	3	*0.58*	*0.70*
	4	1.59	1.47
Gedinnien d'Arville	6	3.28	1.63
	7	3.29	0.86
	8	2.82	1 25
	9	2.68	1.65
	12	5.15	1.72

237.241.2 Observations.

Les valeurs du tableau 34 nous permettent, dès à présent, de souligner les quelques faits suivants :

La diminution quasi générale des valeurs des rapports quand on passe des litières aux horizons holorganiques indique une accumulation relativement plus forte du magnésium. Le fait est spécialement bien marqué pour le *secteur* Gedinnien et plus nettement encore pour la *station* dégradée 12.

Il faut normalement y voir l'effet du prélèvement sélectif du calcium qui est un élément biogène très important pour les végétaux ligneux.

Comme plusieurs auteurs l'ont montré, entre autres BARSHAD (4), le magnésium intervient à plusieurs titres dans l'équilibre ionique des sols acides. La présence de vermiculite qui a été décelée dans les argiles ardennaises (HANOTIAUX, G. et BOURGUIGNON, P., 17) est sans doute à mettre en rapport avec l'évolution constatée du rapport Ca/Mg.

237.242 Rapport $\frac{\text{alcalino-terreux}}{\text{alcalins}}$

247.242.1 Résultats.

Les valeurs moyennes du rapport considéré sont reprises au tableau 35. Elles sont obtenues au départ des données des tableaux 27 et 29 exprimées en milliéquivalents.

TABLEAU 35

Valeurs du rapport $\frac{\text{alcalino-terreux}}{\text{alcalins}}$ dans les horizons holorganiques

$\frac{\text{Erdalkali}}{\text{Alkali}}$ — *Werte der holorganischen Horizonte*

$\frac{\text{Earth-alkali}}{\text{Alkali}}$ — *ratio of holorganic horizons*

Secteurs	*Stations*	Rapport $\frac{\text{alcalino-terreux}}{\text{alcalins}}$	
		Litières, L	Horizons Ao
Siegenien de St-Hubert	1	16.4	23.7
	2	16.0	22.3
	3	15.2	20.3
	4	11.5	20.2
Gedinnien d'Arville	6	12.6	25.9
	7	15.7	21.4
	8	7.7	25.4
	9	16.2	25.9
	12	8.1	23.4

237.242.2 Observations.

Contrairement au précédent, ce rapport prend ses valeurs le plus élevées pour l'horizon Ao, en relation, sans doute, avec une plus grande mobilité des alcalis.

237.3 Conclusions.

a) Le premier groupe de données présentées précédemment n'a de valeur que pour l'année de prélèvement. Il faudra poursuivre les essais pendant plusieurs années avant de définir avec certitude des lois générales.

b) Il est frappant de constater que plusieurs valeurs absolues ou relatives oscillent autour de mêmes moyennes, indépendamment du niveau *secteur* ou *station*. C'est l'indice d'un facteur plus général dont nous aurons à préciser la nature par la suite.

c) Parmi les six éléments déterminés, le magnésium apparaît souvent comme l'élément différenciant le mieux les *secteurs* géologiques. On est tenté d'y voir immédiatement l'influence du facteur lithologique. Mais d'autres indices nous permettent également d'entrevoir la conséquence de modifications dans les cycles biologiques annuels des éléments chimiques.

d) Le cas tout spécial de la *station* 3 a été souligné à plusieurs reprises. Pour des raisons stratigraphiques, cette *station* est nettement mieux pourvue en acide phosphorique que les autres.

En première approximation, nous pouvons dire que les formes de phosphore extraites par le réactif DUCHAUFOUR-BONNEAU (13) dans les horizons minéraux, sont en moyenne quatre fois plus élevées qu'autre part.

Le rôle de l'acide phosphorique dans les problèmes de fertilité forestière a bien été mis en évidence par de nombreux auteurs. Le fait purement occasionnel de la *station* 3 vient confirmer cet état de chose.

24. DISCUSSION ET CONCLUSIONS DE LA PREMIÈRE PARTIE.

241. *Définition pédologique des différents niveaux d'observation envisagés.*

Un premier ensemble de résultats a bien montré qu'il est possible de caractériser pédologiquement les différents niveaux considérés.

Il est certes opportun de faire une série de réserves.

Premièrement, la plupart des résultats exposés ci-devant sont relatifs à une seule année de prélèvement d'échantillons ; nous comptons déterminer par la suite l'importance des variations annuelles afin d'augmenter la valeur objective de la définition pédologique de nos niveaux.

Deuxièmement, nous avons limité à dessein le nombre des modes d'expression des résultats, en faisant surtout appel aux *poids par surface*; nous devons encore effectuer une étude d'ensemble sur le pouvoir discriminant et sur la signification écologique et écosystémique de différents autres modes d'expression.

Troisièmement, le petit nombre des résultats obtenus, surtout quand nous concentrons les valeurs sous forme de poids par surface ne permet pas encore de faire un usage général de la critique statistique : nous devons encore souvent nous contenter de dégager des tendances plus ou moins nettes.

Mais, malgré les réserves précédentes, nous pensons qu'il est légitime de retenir une série de faits généraux.

a) Pour le niveau *région*, le *coefficient de décomposition de* JENNY semble être un indice intéressant, intégrant l'influence des variations régionales du climat. Dans le cadre de cette note, il n'entre pas dans nos intentions de discuter sur la signification précise de ce coefficient. Nous le ferons ultérieurement.

b) Le niveau *secteur* ou niveau géologique se marque le mieux par le pourcentage des composés solubles dans le fluorure de soude par rapport au carbone total. Nous touchons au domaine des complexes organo-minéraux. Il en résulte certainement des conséquences importantes pour l'économie en azote des sols forestiers. A titre d'exemple, nous empruntons dès à présent une observation extraite d'un travail en cours sur le fractionnement TIURIN de l'humus.

Pour le Gedinnien, l'azote des MHT représente en général 20 à 25 % de l'azote total du sol. Ce pourcentage tombe à 10 ou 15 % pour les *stations* sur Siegenien.

Le niveau *secteur* se marque également par un décalage général des courbes « normales » de répartition des valeurs suivant l'altitude.

c) Le niveau *station* se manifeste le plus clairement par les différences quantitatives qui se lisent sur la plupart des courbes de répartition des valeurs suivant l'altitude. Ces courbes présentent une certaine symétrie d'allure, avec un maximum bien marqué.

d) Le niveau *plage*, se traduit indubitablement par des variations importantes pour la plupart des valeurs envisagées. Ce niveau rend très bien compte de l'hétérogénéité naturelle des sols forestiers, et il justifie de la nécessité de faire usage de valeurs pondérées par surface pour définir une *station* par certaines déterminations, chaque fois que ce niveau a été effectivement mis en évidence.

e) *L'analyse de nos résultats selon plusieurs niveaux démontre en tout cas qu'il est nécessaire d'être prudent lors de l'interprétation, et surtout lors de l'éta-*

blissement de relations de cause à effet. On ne peut, en effet, attribuer une propriété du sol, comme la teneur totale en azote, à un facteur particulier tant que l'on ne s'est pas assuré que cette propriété n'est pas uniquement le reflet d'un facteur plus général.

242. *Influence des teneurs du sol en acide phosphorique.*

La *station* 3 à grande fétuque, variante typique, a révélé un comportement spécial qui se lit dans la plupart des tableaux et des courbes présentés.

Nous pouvons conclure qu'une observation tout occasionnelle nous a permis de confirmer l'importance du phosphore dans la biodynamique des sols forestiers.

243. *Contribution à l'étude de la classification des humus forestiers.*

Dans des *régions* comme l'Ardenne Hercynienne, la composition lithologique est relativement uniforme et intéresse presque exclusivement des roches pauvres en bases.

L'utilisation de l'humus comme *facteur de station* exige que l'on établisse une classification sur des bases écologiques les plus précises possible. En tout cas, les seuls critères morphologiques ne paraissent pas être suffisants jusqu'à présent. Les critères micro-morphologiques sont déjà plus nuancés comme nous l'avons montré dans des études précédentes (11, 12) mais ils sont encore incapables de rendre compte de tous les faits d'importance écologique.

Sur la base de l'ensemble de nos données tant morphologiques qu'analytiques, nous constatons tout d'abord, que les formes humiques se répartissent en quatre familles, en envisageant uniquement les sols à drainage normal :

famille des *mull acides*,
famille des *moder mulleux*,
famille des *moder typiques*,
famille des *dysmoder*.

Nous proposons, en première approximation, de prendre la quantité totale de matières organiques accumulées dans le profil comme premier critère de distinction entre les familles.

Les *moder typiques* présentent le maximum d'accumulation organique dans une *région* ou un *secteur* déterminé.

Par exemple, dans la *région* de St-Hubert, dans le *secteur* Siegenien le maximum d'accumulation se marque dans la *station* 4 qui est une hêtraie à luzule, variante typique. Par contre, sur Gedinnien, cette forme apparaît dès la *station* 8 qui est une hêtraie à fétuque, variante typique.

Dans les deux *secteurs* cependant, il s'agit des formes d'humus développées sur le premier grand replat s'inscrivant dans le paysage géomorphologique à partir du fond des vallées.

De part et d'autre des *moder typiques* se placent des formes d'humus qui induisent une moindre accumulation de matières organiques totales. Il existe une certaine symétrie de distribution comme nous avons eu l'occasion de le rappeler antérieurement. Des valeurs globales identiques peuvent donc résulter de conditions biocénotiques différentes.

La famille des *mull acides* est en fait peu répandue en Ardenne. Même les formes les plus riches appartiennent souvent aux *moder mulleux* (*mullartiger Moder* - KUBIENA), avec présence d'horizons holorganiques notables.

D'autre part, la famille des *dysmoder* est en transition vers les *mor* pour des raisons climatiques. Même quand certaines valeurs globales les rapprochent des *moder mulleux*, d'autres caractéristiques plus spécialisées les distinguent nettement, tels les rapports MHT/HT et MHP/MHT du tableau 36. Par contre, les *dysmoder* se distinguent des *mor* par l'absence d'activités physico-chimiques podzolisantes.

Une remarque est intéressante à rappeler ici en considérant la figure 6 (page 53). Toutes les *stations* « anormales » se placent aux environs immédiats de la courbe de distribution selon l'altitude. Il n'en est plus de même pour les courbes relatives à l'azote et au facteur C/N. (Fig. 7 et 8).

Sur la foi de cette observation et sur d'autres, nous nous proposons de chercher si la subdivision des *familles* en *groupes*, puis en *types* ne pourrait s'effectuer sur la base de données intéressant l'économie en azote (vitesse de minéralisation) et selon des indices de vitesse de circulation biologique.

Des recherches en cours comprenant un plus grand nombre de *stations* dispersées en plusieurs *régions* nous fixeront dans l'avenir à cet égard.

244. *Recherche de lois générales.*

Une étude comme celle que nous avons entreprise systématiquement est encore dans sa phase analytique. Nous cherchons toutefois dès à présent, à dégager des lois générales que nous considérerons comme d'autant plus valables que nous serons parvenus à distinguer parmi les propriétés édaphiques des écosystèmes forestiers celles qui résultent de facteurs systématiques de celles résultant de facteurs accidentels.

Tableau 36

Qualification des types d'humus

Charakteristiken der verschiedenen Humustypen

Characteristics of the different humus types

Valeurs	Expression	Types d'humus			
		mull acide (*station* 1)	*moder mulleux* (*station* 3)	*moder typique* (*station* 4)	*dysmoder* (*station* 5)
C total	kg/a-val. moy./*station*	1002	1226	1702	967
N total	kg/a-val moy./*station*	66.4	72.6	93.1	53.9
C/N	val. globale/*station*	15.1	16.9	18.3	17.9
M.H.T.	kg/a-val. moy./*station*	195.9	278.9	366.3	285.2
M.H.P.	kg/a-val. moy./*station*	69.5	134.6	143.0	87.7
M.H.N.P.	kg/a-val. moy./*station*	126.4	144.3	223.3	197.5
M.H.T. / H.T.	val. globale/*station*	9.8	11.4	10.8	14.8
M.H.P. / M.H.T.	val. globale/*station*	35.4	48.4	39.1	30.8
H échang.	méq/100g-val. moy./*station*	6.5	6.7	9.8	9.6
	irv-val. moy./*station*	2.07	4.96	5.10	4.43
	éq/a-val. moy./*station*	2059	2019	3763	2326
Al échang.	méq/100g-val. moy./*station*	2.59	3.42	4.12	4.32
	éq/a-val. moy./*station*	800	1000	1560	1032

3. DEUXIÈME PARTIE

Description botanique et forestière des stations d'étude

31. Choix des stations.

Comme il a été exposé dans la première partie, l'échantillonnage pédologique s'est effectué en un certain nombre de *stations*, constituant les unités biocénotiques et forestières proprement dites, et en tenant compte du niveau *plage*, ou niveau de la répartition de la strate herbacée.

Les *stations* ont été groupées en *secteurs*, définis par l'étage géologique. Dans un *secteur*, les *stations* sont réparties autant que possible en séries topographiques pour étudier l'influence des variations du climat local suivant les conditions d'altitude et de géomorphologie.

TABLEAU 37

Définition phytosociologique et caractères généraux des STATIONS de la RÉGION de St-Hubert

Phytosoziologische Stellung und allgemeine Charakteren der Standorte aus der Gegend von St-Hubert

Phytosociological definition and general characteristics of the sites of the St-Hubert region

Secteurs	*Stat.* n°	Phytosociologie	Expos.	Pente	Altitude	Position géomorphologique	Type pédologique
Siegenien de St-Hubert	1	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. à fougères et *Lamium galeobdolon*	N	20°	369 m	Bas d'un versant abrupt	Sol brun acide à *mull acide* et *moder mulleux*
	2	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. à *Milium* et *Anemone*	N	15-20°	401 m	Bas d'un versant abrupt	Sol brun acide à *moder mulleux*
	3	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. typique	N	5-10°	452 m	Haut du versant	Sol brun acide à *moder mulleux*
	4	Hêtraie à *Luzula albida* s. ass. typique-var. typique	W	5°	487 m	Plateau de faible pente	Sol brun acide à *moder* et *microgley*
	5	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Vaccinium myrtillus*	W	2°	545 m	Plateau de faible pente	Sol brun acide à *dysmoder climacique*

Gedinnien d'Arville	6	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. à fougères et *Lamium galeobdolon*	N	30°	339 m	Bas d'un versant abrupt	Sol brun acide à *mull acide* et *moder mulleux*
	7	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. à *Milium* et *Anemone*	N	3°	358 m	En bordure de la rupture de pente	Sol brun acide à *moder mulleux*
	8	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. typique	NW	2°	357 m	Plateau de faible pente	Sol brun acide à *moder mulleux*
	9	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. typique-var. typique	SSE	3°	431 m	Plateau de faible pente	Sol brun acide à *moder typique*
	10	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. à *Carex* et *Polytrichum*	NW	15°	358 m	Partie supérieure d'un versant de pente forte	Sol brun acide à *dysmoder* de pente
	11	Hêtraie à *Luzula albida*-s. ass. à *Festuca silvatica*-var. à *Poa Chaixii* et *Deschampsia caespitosa*	NW	2°	369 m	Plateau de faible pente	Sol brun acide à *mull acide*
	12	Hêtraie à *Vaccinium myrtillus* et *Deschampsia flexuosa*-var. typ.	S	3°	407 m	Plateau de faible pente	Sol brun ocreux à *dysmoder* subclimacique à tendance *mor*

Les *secteurs* ont eux-mêmes été regroupés en *régions* selon les variations connues ou supputées du climat régional.

Les *stations* ont été choisies sur la base de la végétation, comme il a été signalé dans la PREMIÈRE PARTIE. Elles ont conventionnellement été limitées à une surface de six ares en vue de l'application, en première approximation, de la méthode DAGNELIE pour la détermination de la productivité.

Du point de vue forestier, ces parcelles correspondent en général à une densité plus ou moins normale des futaies de hêtres.

32. DESCRIPTION BOTANIQUE DES STATIONS.

Chaque *station* a donné lieu à deux opérations.

a) Description phytosociologique détaillée par les spécialistes du Centre de Cartographie de la Végétation de Belgique. (IRSIA).

b) Mesure directe des recouvrements des principales espèces végétales.

Cette dernière détermination était rendue nécessaire pour l'obtention de valeurs suffisamment précises des surfaces relatives des différentes *plages* par *station*. Les données fournies par les coefficients d'abondance-dominance de la méthode BRAUN-BLANQUET appliqués en l'occurrence, donnent, en effet, des valeurs trop approximatives à notre point de vue.

Nous avons procédé concrètement comme suit. Chaque *station* fut divisée en carrés de 2,50 m de côté disposés en bandes parallèles. Dans chacune de ces petites parcelles, nous avons mesuré les recouvrements en prenant conventionnellement la projection verticale des touffes de chaque espèce végétale.

Le tableau 37, complétant le tableau n° 1 de la PREMIÈRE PARTIE donne la définition phytosociologique et les caractères généraux des *stations*.

Le tableau 38 résume les indications fournies par la sommation de tous les résultats partiels des mesures de recouvrement. Il présente sous une autre forme des indications déjà fournies dans la PREMIÈRE PARTIE.

Le tableau 38 appelle quelques commentaires.

Il faut faire une distinction entre *secteur* tout d'abord.

Par exemple, le recouvrement d'espèces à grande signification phytosociologique telles *Festuca silvatica*, *Luzula albida*, *Dryopteris filix-mas*, etc., est différent selon que l'on passe d'un *secteur* à l'autre pour des *stations* considérées comme homologues, du moins d'après les données simplifiées de la légende cartographique.

Tableau 38

Recouvrements relatifs des diverses espèces de la strate herbacée

Relative Bedeckung der verschiedenen Arten der Pflanzendecke

Relative covering of the different species of the ground flora

Secteur	*Stat.*	*Festuca silvatica* %	*Luzula albida* %	*Deschampsia caespitosa* %	*Deschampsia flexuosa* %	*Carex pilulifera* %	*Dryopteris Filix-mas* %	*Poa Chaixii* %	*Holcus mollis* %	*Vaccinium myrtillus* %	*Polytrichum formosum* %	*Divers* %	*Sol nu* %
Secteur Siegenien de St-Hubert	1	31.46	1.61	—	—	—	3.93	—	—	—	4.98	18.67	39.35
	2	12.05	6.76	—	—	—	—	—	—	—	7.87	4.53	68.79
	3	5.27	4.92	—	—	1.46	—	—	—	—	18.45	7.65	62.25
	4	—	15.79	—	—	0.14	—	—	—	—	2.21	0.12	81.74
	5	—	5.60	—	1.85	—	—	—	5.58	12.33	1.97	3.33	69.34
Secteur Gedinnien d'Arville	6	50.94	—	—	—	—	21.00	—	—	—	2.97	15.39	9.70
	7	24.92	0.27	—	—	—	—	—	—	—	0.20	10.75	63.86
	8	10.67	0.08	—	0.26	—	—	—	—	—	2.13	0.26	86.60
	9	—	0.81	—	—	0.23	—	—	—	—	3.28	10.61	85.07
	10	—	—	—	—	0.21	—	—	—	—	5.18	0.51	94.10
	11	59.06	—	2.08	—	—	—	8.20	—	—	0.60	13.90	16.16
	12	—	—	—	3.63	—	—	—	—	15.38	0.18	0.38	80.43

Il est toutefois évident qu'une légende de cartographie de la végétation ne peut tenir compte de toutes les nuances qui se manifestent sur le terrain et qui sont confirmées par nos mesures directes. En fait, nos études confirment les observations des spécialistes concernant la plus grande richesse de la florule sur *Gedinnien*, comparée à celle sur *Siegenien*.

Au niveau des *stations*, nos mesures montrent nettement que les *plages* d'une même espèce dans des parcelles différentes peuvent avoir des recouvrements relatifs très variables. Il faut donc en tenir compte pour le calcul des valeurs pédologiques exprimées d'une manière pondérée par surface.

Au niveau *plage*, il serait nécessaire de poursuivre les investigations. Ce niveau correspond au moins partiellement, avons-nous signalé, à des conditions micro-climatiques. Il est logique de penser que des différences de luminosité, de répartition des précipitations, d'action des vents, etc., ont leur importance.

Mais il nous paraît nécessaire de définir par la suite ce qui doit être considéré comme *plages caractéristiques*, c'est-à-dire répondant à des impératifs écologiques et non pas seulement à un hasard chorologique.

Il nous paraît très probable, par exemple, qu'une *plage* sans végétation (*plage* à sol nu) de plusieurs mètres carrés de surface a une signification tout autre qu'une petite parcelle d'un mètre carré qui se situe entre des touffes de fétuque ou de luzule.

33. Description forestière des stations.

331. *Composition et caractéristiques principales des peuplements.*

Les peuplements sont décrits empiriquement par les éléments suivants :

— le recouvrement des strates arborescente et arbustive d'après les relevés phytosociologiques,

— les données physionomiques concernant la vitalité apparente des arbres, l'état sanitaire des fûts (gélivures, pourritures, déformations diverses, etc.) et leur conformation.

— importance de la régénération acquise, exprimée en pourcentage de recouvrement,

— régénération récemment installée. Il s'agit de la quantité de semis de hêtre et d'érable dénombrés sur des placeaux de 1m² en 9 répétitions par *station*, à l'occasion des prélèvements des horizons holorganiques en vue de la détermination des coefficients de Jenny.

Les termes : très bon, bon, moyen et défectueux servent à fournir un classement très approximatif, en attendant de disposer par la suite de critères plus précis.

Le tableau 39 concentre les principales indications.

TABLEAU 39

Composition et caractéristiques principales des peuplements

Zusammensetzung und hauptsächliche Charakteristiken der Bestände

Composition and main characteristics of the stands

Secteur	*Stat.*	Recouvrement de la strate arborescente	Recouvrement de la strate arbustive (hêtres) Régénération acquise	Nombre plantules de hêtre (9 m²)	Nombre plantules d'érable (9 m²)	Densité	Vitalité apparente	Conformation extérieure du fût	Etat sanitaire du bois
Siegenien de St-Hubert	1	70 %	—	40	18	Moyenne	T.B.	Bonne	T.B.
	2	80 %	<5 %	55	5	»	T.B.	»	T.B.
	3	70 %	—	94	1	»	B.	»	B.
	4	85 %	—	23	—	»	B.	»	Moyen
	5	85 %	<5 %	—	—	»	Moyen	Défect.	»
Gedinnien d'Arville	6	65 %	35 %	0	10	Peupl. clair	T.B.	Bonne	T.B.
	7	75 %	25 %	17	105	Moyenne	T.B.	Bonne	T.B.
	8	85 %	<5 %	5	3	»	B.	Bonne	B.
	9	80 %	20 %	5	—	»	B.	Moyenne	B.
	10	75 %	<5 %	—	—	Moyenne	B.	Moyenne	B.
	11	80 %	20 %	—	—	»	T.B.	Bonne	B.
	12	95 %	<5 %	4	—	Massif à couvert épais	Déf.	T. Déf.	Moyen

T.B. = Très bon
B. = Bon
Déf. = Défectueux

332. *Mesure de la productivité.*

Les mesures ont été effectuées en première approximation selon la méthode proposée par DAGNELIE (7, 8, 9). Cette méthode consiste essentiellement à déterminer tout d'abord la hauteur des 5 à 6 plus gros

bois, situés dans une parcelle de 5 à 7 ares. En admettant une densité moyenne de 180 gros bois par ha, les valeurs correspondent à 40 ou 50 % des plus gros arbres d'une futaie équienne.

Puis connaissant l'âge, obtenu par la sonde de PRESSLER ou par comptage des cernes sur souches fraîches, nous avons déterminé la productivité à l'aide des tables de WIEDEMANN qui se sont révélées utilisables dans nos *régions* en appliquant la correction proposée par DAGNELIE qui consiste à retrancher 1m de la hauteur totale moyenne des dominants (hauteur de LOREY).

Une petite restriction s'impose en ce qui concerne l'application de la méthode sans que la validité des résultats obtenus jusqu'à présent, puisse être mise en cause. Les futaies envisagées ne sont pas toutes parfaitement équiennes, certaines sont surâgées ou présentent une densité réduite. Les corrections nécessaires pourront être apportées après une étude plus approfondie de la structure réelle des peuplements.

Le tableau 40 présente les résultats.

Faisons remarquer à propos de ce tableau que la *station* 3 (Hêtraie à *Luzula albida* - s. ass. à *Festuca silvatica* - var. typique) se trouve déclassée par rapport aux autres *stations* à fétuque et par rapport à son homologue, la *station* 8. Cet écart est également mis en évidence par les mesures de recouvrement données dans le tableau 38. Cette anomalie mérite un examen plus approfondi.

Nos valeurs confirment bien les résultats obtenus par d'autres auteurs sur la signification pratique du groupement phytosociologique au point de vue de la productivité.

Nos chiffres sont très proches de ceux publiés par GALOUX, A. (15), REGINSTER, P. (39) et DAGNELIE, P. (7, 8, 9) au sujet de l'Ardenne ainsi que le montre le tableau 41.

333. *Détermination approximative du volume sur pied.*

A l'aide de nos mesures de hauteur et de circonférence à 1,50 m et sur les indications de spécialistes (*), nous avons calculé d'une manière très approximative le volume sur pied dans plusieurs de nos *stations*.

Nous insistons toutefois sur le caractère précaire de ces déterminations, basées sur des indications fournies par des surfaces très faibles puisque nos *stations* ont en moyenne six ares de superficie. Seul l'ordre de grandeur nous intéresse.

(*) Nous tenons à remercier très cordialement Mr. L. MOTTET, ingénieur des Eaux & Forêts de l'État, pour sa collaboration.

Tableau 40

Mesures de la productivité — RÉGION de St-Hubert

Produktivitätsmessungen — Gegend von St-Hubert

Productivity measures — St-Hubert region

Secteur	*Station*	Hauteur moyenne du peuplement principal (m) (Lorey)	Age (ans)	Classe de productivité (Wiedemann)	Valeurs, rapportées à l'âge de référence de 150 ans			
					Hauteur moy. peuplement princ. (m) (Lorey)	Volume bois fort peuplement total (m^3)	Accroiss. périodique en volume (m^3) 5 ans	Accroiss. annuel moy. en volume (m^3)
Siegenien de St-Hubert	1	31.68	186	II. 90	29.71	926	35.4	6.15
	2	32.14	186	II. 82	30.12	943	35.6	6.28
	3	29.33	177	III. 30	27.75	828	32.0	5.50
	4	28.38	183	III. 54	26.55	770	29.6	5.13
	5	22.07	183	IV. 77	20.70	493	19.2	3.28
Gedinnien d'Arville	6	36.71	196	II. 10	33.80	1110	38.2	7.40
	7	32.64	153	II. 40	32.28	1040	37.1	6.94
	8	32.39	153	II. 45	32.00	1030	36.9	6.85
	9	28.21	153	III. 28	27.85	858	32.2	5.55
	10	31.04	153	II. 72	30.65	966	36.0	6.43
	11	29.17	145	II. 92	29.60	920	35.3	6.12
	12	18.69	116	IV. 56	21.68	538	20.8	3.59

A titre de première approximation nous donnons dans le tableau 42 le volume de l'arbre moyen, le nombre de pieds par hectare, et le volume moyen sur pied par hectare.

34. Conclusions et discussions sur la deuxième partie.

La deuxième partie de ce mémoire nous a fourni un complément d'information sur la description botanique et forestière de nos *stations* d'étude. Les faits principaux mis en évidence sont les suivants :

1° Le facteur géologique ou facteur *secteur* introduit des nuances appréciables entre les *stations* considérées comme homologues d'après la légende de la carte phytosociologique utilisée. Des mesures précises

TABLEAU 41

Productivité stationnelle des types phytosociologiques de hêtraies en Haute-Ardenne

Standortsproduktivität der phytosoziologischen Buchenwaldtypen der « Haute-Ardenne »

Site productivity of the beechwood phytosociological types of « Haute-Ardenne »

Valeurs	REGINSTER			DAGNELIE			GALOUX (théorique)			Centre d'Étude des Sols Forestiers (IRSIA)		
	Fét.	Luz.	Myrt.	Fét.	Luz.	Myrt.	Fét.	Luz.	Myrt.	Fét.	Luz.	Myrt.
Age	—	—	—	—	—	—	150	150	150	150	150	150
Hauteur totale des dominants (m)	32 à 37	28 à 31	23 à 26	—	—	—	—	—	—	29 à 35	28 à 29	22
Hauteur totale moyenne des dominants (m)	35	30	25	31.6	27.2	22.6	35	30	25	32	28.5	22
Production totale en bois fort (m^3/ha)	—	—	—	—	—	—	1115	810	540	970	814	493
Accroissement annuel moyen en bois fort m^3/ha et an	—	—	—	—	—	—	7.4	5.4	3.6	6.5	5.3	3.3
Classe de productivité (WIEDEMANN)	II-III	III	IV	II.8	III.7	IV.9	—	—	—	II.7	III.4	IV.8

TABLEAU 42

Caractères principaux de production

Hauptsächliche Produktionscharakteristiken

Main production characteristics

Secteur	*Stations*	Volume de l'arbre moyen (m3)	Nombre de pieds/ha	Volume moyen sur pied (m3/ha)
Siegenien de St-Hubert	1	1.0232	150	154
	2	1.3631	150	205
	3	2.3614	117	276
	4	1.2031	200	241
Gedinnien d'Arville	6	2.6764	100	268
	7	1.7319	117	202
	8	1.8780	167	313
	9	1.5236	133	203
	12	1.3901	200	278
	$\bar{x}$	1.6834	148	238

de recouvrement pour différentes espèces végétales sont probantes à cet égard.

2° Nos mesures ont confirmé la signification pratique du groupement phytosociologique en tant qu'indicateur de la productivité potentielle des sols, dans le cas des hêtraies ardennaises.

Pour augmenter le degré de signification du document phytosociologique, il apparaît intéressant d'examiner l'influence du facteur géologique ; d'une manière plus large, il est très utile de replacer le groupement végétal dans tout son complexe écosystémique.

4. TROISIÈME PARTIE

Quelques aspects des relations entre les qualités forestières des stations et les caractéristiques pédologiques

La PREMIÈRE PARTIE a livré une série de propriétés pédologiques caractérisant nos stations d'étude sur la base des qualités de l'humification.

La DEUXIÈME PARTIE a complété la description botanique et forestière de ces stations en ajoutant un certain nombre de caractéristiques conventionnelles concernant la productivité potentielle ou actuelle.

Dans cette dernière partie, nous exposons quelques considérations d'ensemble de signification écologique.

Nous tenons à insister une nouvelle fois sur la portée de nos déductions que nous limitons exclusivement à la région étudiée, en attendant plus ample informé.

41. IMPORTANCE DU FACTEUR ALTITUDE AU POINT DE VUE DE L'ÉCOLOGIE FORESTIÈRE PRATIQUE DANS LA RÉGION DE ST-HUBERT.

La question posée revêt une signification fondamentale. Elle tend à résoudre un problème de hiérarchie parmi un ensemble de propriétés écologiques définissant les écosystèmes étudiés.

Dans la PREMIÈRE PARTIE, nous avons fait usage du facteur complexe « *altitude* » en le prenant comme facteur de référence pour l'établissement de lois de répartition des propriétés pédologiques.

La justification de ce choix, nous pensons la trouver dans le graphique 21, donnant la distribution d'une valeur conventionnelle de la productivité par rapport à ce facteur.

La courbe de distribution peut être assimilée à une droite. Le coefficient de corrélation, très significatif, s'élèveà — 0,93 au seuil 0,05 %.

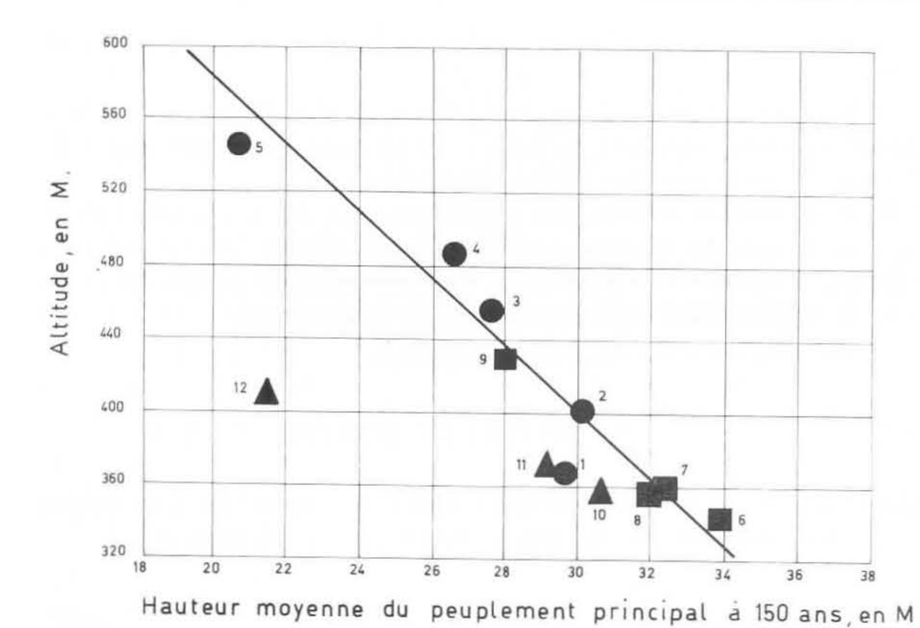


FIG. 21. — Relation entre la productivité, exprimée par la hauteur moyenne du peuplement principal à 150 ans, et le facteur altitude, en m.
Cercles : *secteur* Siegenien ; carrés : *secteur* Gedinnien ; triangles : *stations* spéciales

ABB. 21. — *Beziehung zwischen der Produktivität, ausgedrückt durch die mittlere Höhe des Hauptbestandes von 150 Jahren, in m, und dem Faktor Höhe ü/M, in m.*
Kreise : Sektor Siegen ; Vierecke : Sektor Gedinne ; Dreiecke : spezielle Standorte

FIG. 21. — *Relation between productivity, expressed as mean height of the 150 years old principal crop, in m, and the factor elevation, in m.*
Circles : Siegenian sector ; squares : Gedinnian sector ; triangles : special sites.

Il apparaît immédiatement que l'altitude règle d'une manière prépondérante la répartition des classes de productivité. En choisissant d'autres valeurs conventionnelles de celle-ci, les conclusions demeurent inchangées.

Dans une discussion antérieure, nous avons déjà signalé que le facteur altitude intègre plusieurs éléments physiographiques sur lesquels nous ne revenons plus.

Une seule station s'écarte notablement de la droite de distribution « normale », c'est précisément la station 12 que nous considérons comme la plus dégradée par l'influence anthropique.

42. DISTRIBUTION « NORMALE » DES VALEURS PÉDOLOGIQUES.

Dans la PREMIÈRE PARTIE nous avons donné quelques graphiques exposant la distribution de certaines valeurs par rapport au facteur général de référence choisi, *le facteur altitude.*

Nous avons observé, en général, une loi plus complexe que celle caractérisant la productivité.

Les graphiques montrent souvent un maximum bien marqué pour les *stations* caractérisées par un humus du type *moder typique*.

Les trois graphiques suivants donnent à titre d'exemple, la distribution de trois éléments exprimés en poids par surface, mais en prenant cette fois une valeur conventionnelle de productivité comme valeur de référence.

Les graphiques obtenus sont très semblables d'allure, mais inversés par rapport à ceux reproduits dans la PREMIÈRE PARTIE, puisqu'il existe une corrélation négative entre l'altitude et la productivité.

Ils font ressortir un fait important : *quand il s'agit de stations forestières équilibrées ou climaciques, valeurs conventionnelles de la productivité et valeurs pédologiques apparaissent uniquement comme des manifestations parallèles de*

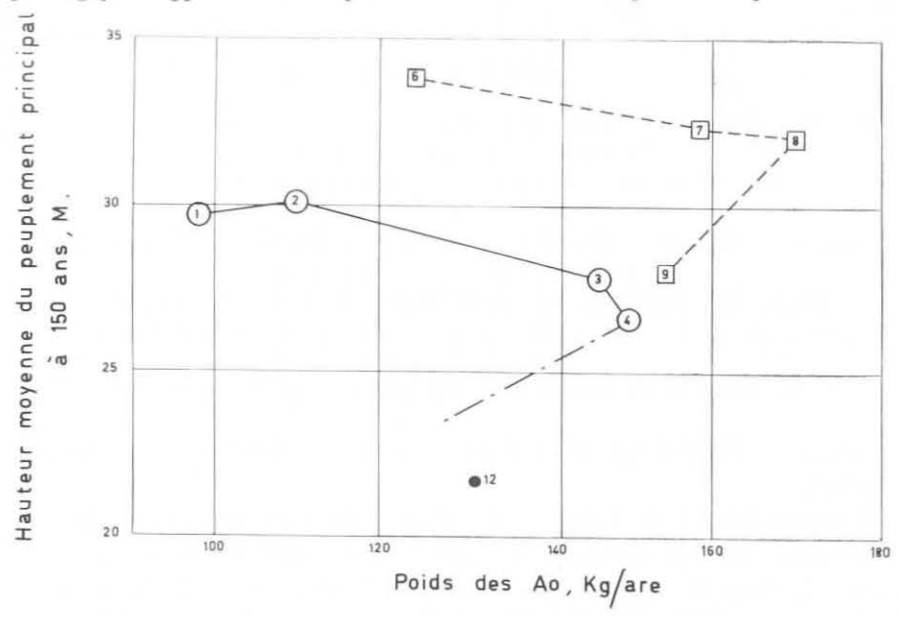


FIG. 22. — Répartition du poids des horizons holorganiques Ao, en kg/are, en fonction de la hauteur moyenne du peuplement principal à 150 ans, en m.
Trait continu : *secteur* Siegenien ; trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercle noir : *station* spéciale

ABB. 22. — *Verteilung des Gewichtes der holorganischen Horizonte, in kg/ar, in Beziehung auf die mittlere Höhe des Hauptbestandes von 150 Jahren, in m.*
Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; voller Kreis : spezieller Standort

FIG. 22. — *Distribution of the weight of holorganic horizons, in kg/are, in relation to the mean height of the 150 years old principal crop, in m.*
Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circle : special site.

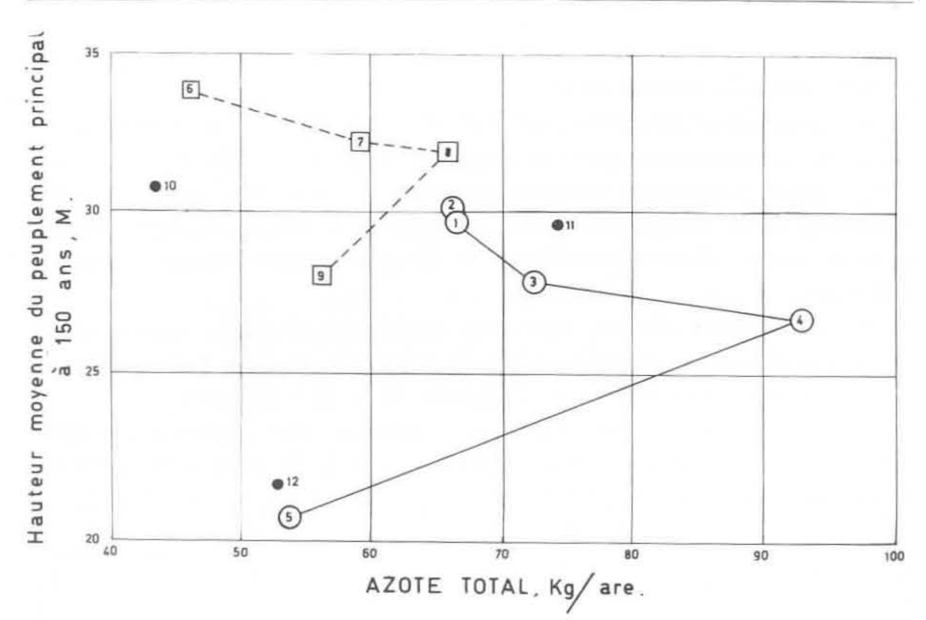


FIG. 23. — Répartition de l'azote total, en kg/are, en fonction de la hauteur moyenne du peuplement principal à 150 ans, en m.
Trait continu : *secteur* Siegenien ; trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 23. — *Verteilung des Gesamtstickstoffes, in kg/ar, in Beziehung auf die mittlere Höhe des Hauptbestandes von 150 Jahren, in. m.*
Vollinis : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.

FIG. 23. — *Distribution of total nitrogen, in kg/are, in relation to the mean height of the 150 years old principal crop, in m.*
Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.

l'ensemble des propriétés des écosystèmes. Il en est de même pour les groupements végétaux.

L'établissement de relations de cause à effet est donc injustifié.

Prenons un seul exemple. La *station* 3 est plus productive que la *station* 4, dans le *secteur* Siegenien. Or, le passage de la première à la seconde se marque par une forte augmentation de la teneur totale en azote que l'on pourrait considérer comme un indice global positif de la productivité. Mais par contre, il y a également augmentation nette des teneurs totales en aluminium échangeable dont le caractère toxique est bien connu. L'inverse se produit quand on compare les *stations* 4 et 5, c'est-à-dire une *station* à luzule avec une *station* à myrtille.

Il est également intéressant de noter que les *stations* exceptionnelles pour la *région* étudiée (*stations* 10, 11 et 12) se placent aux environs immédiats de la courbe « normale » de distribution pour des indices très généraux comme le carbone total ou l'hydrogène échangeable.

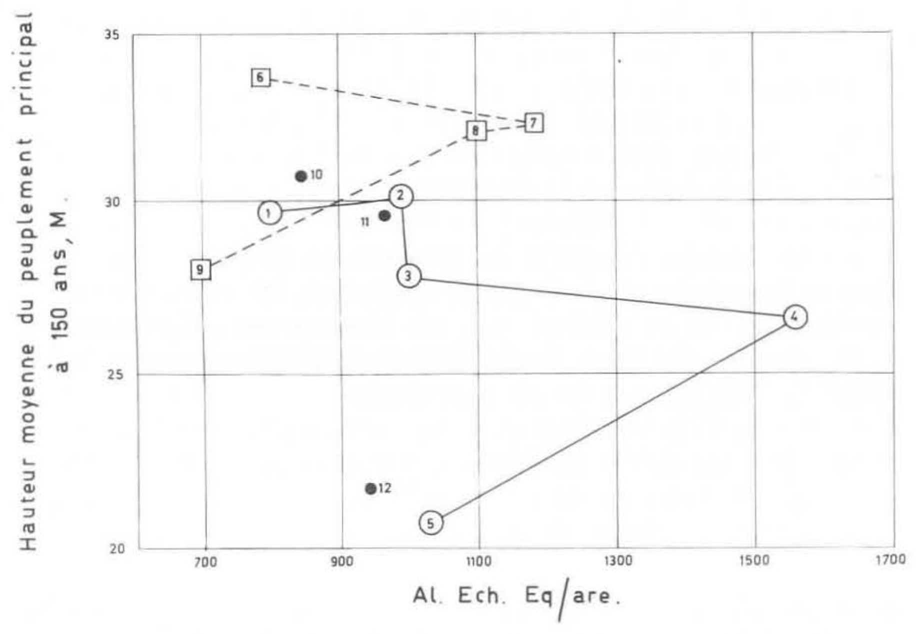


FIG. 24. — Répartition de l'aluminium échangeable, en éq/are, en fonction de la hauteur moyenne du peuplement principal à 150 ans, en m.
Trait continu : *secteur* Siegenien ; trait interrompu : *secteur* Gedinnien ; cercles noirs : *stations* spéciales.

ABB. 24. — *Verteilung des austauschbaren Aluminiums, in äq/ar, in Beziehung auf die mittlere Höhe des Hautpbestandes von 150 Jahren, in m.*
Vollinie : Sektor Siegen ; Strichlinie : Sektor Gedinne ; volle Kreise : spezielle Standorte.

FIG. 24. — *Distribution of exchangeable aluminium, in eq/are, in relation to the mean height of the 150 years old principal crop, in m.*
Full line : Siegenian sector ; dotted line : Gedinnian sector ; black circles : special sites.

Par contre, elles s'en écartent notablement pour d'autres propriétés comme les teneurs en azote total, en MHT, MHP, aluminium échangeable, etc. Mais leurs valeurs de productivité apparaissent « normales », c'est-à-dire, principalement régies par le facteur altitude au même titre que les autres *stations*.

43. VALEUR ÉCOLOGIQUE DES DIFFÉRENTS MODES D'EXPRESSION DES RÉSULTATS.

Dans la PREMIÈRE PARTIE nous avons surtout fait appel à titre expérimental à l'expression *en poids par surface* de plusieurs valeurs. Ce mode d'expression est intéressant, rappelons-le, lorsqu'on a la préoccupation d'établir finalement des bilans énergétiques.

Pour les valeurs où des problèmes écologiques de concentration peuvent se poser immédiatement, comme c'est le cas pour l'aluminium et l'hydrogène échangeables, nous avons également reproduit plusieurs tableaux exprimant des résultats *en poids par terre fine.*

Pour plusieurs déterminations, nous avons également exprimé certaines caractéristiques de la répartition verticale dans le profil en établissant *des indices de diffusion.*

Il serait possible également de comparer les propriétés d'un même horizon homologue pour toutes les *stations*, ou de multiplier les expressions en valeurs relatives. On fait couramment usage du facteur C/N ; nous avons utilisé des expressions qualitatives comme MHP/MHT %. On pourrait en imaginer d'autres.

En bref, la recherche du mode d'expression des résultats le plus intéressant du point de vue de l'écologie forestière pratique constitue un vaste sujet d'études que nous entreprenons au fur et à mesure de l'extension géographique de nos travaux.

44. Caractéristiques stationnelles et premières observations sur la régénération naturelle du hêtre.

Une fainée généralisée s'est produite en 1960. Une fructification partielle avait eu lieu en 1958. Ces faits nous ont permis de faire les trois séries d'observations ou de déterminations suivantes, que nous reproduisons à titre d'exemple en nous réservant de vérifier par la suite les conclusions qui semblent se dégager.

a) État comparatif des semis antérieurs à 1960 en deux périodes successives. Nous entendons par semis, les plantules âgées de moins de 5 ans.

b) Détermination au laboratoire des qualités germinatives des faines de la récolte 1960.

c) État comparatif des semis 1960 à deux périodes différentes.

441. *État comparatif des semis antérieurs à 1960.*

441.1 Exposé des résultats.

Le tableau 43 donne, à titre de première indication, les relevés des semis de 1 ou 2 ans antérieurs à la fainée de 1960. Les comptages ont été effectués sur des parcelles de 1m², en 9 répétitions, pour 9 *stations* d'études, pour lesquelles nous avons déterminé le coefficient de Jenny.



PHOTO 4. — *Secteur* siegenien, *station* 4, *Luzulo-Fagetum typicum*.

441.2 Observations.

Le nombre des plantules est très faible en moyenne pour toutes les *stations*. La troisième date de comptage semble correspondre à un état plus ou moins stabilisé. La moyenne se maintient supérieure dans le *secteur* géologique du Siegenien.

442. *Détermination en laboratoire des qualités germinatives des semences 1960.*

442.1 Exposé des résultats.

Les faines ont été recueillies en octobre 1960, également à l'occasion des prélèvements des couches mortes pour la détermination des coefficients de JENNY.

TABLEAU 43

Relevés des semis naturels antérieurs à 1960.
Les nombres entre ( ) représentent les valeurs moyennes pondérées par secteur

Zusammenstellung der natürlichen Buchensämlinge von vor 1960.
Die Zahlen in ( ) entsprechen den gewogenen Mittelwerten pro Sektor

Numbers of natural seedlings preexisting to 1960.
The figures between ( ) correspond to the weighted means per sector

Secteurs	*Stations*	Nombres, par m², de semis antérieurs à 1960 ; relevés en		
		Octobre 1960	Juin 1961	Septembre 1961
Siegenien de St-Hubert	1	4	3	2
	2	6	3	3
	3	10 (5)	3 (3)	3 (3)
	4	3	3	3
Gedinnien d'Arville	6	0	0	0
	7	2	2	1
	8	0.5 (0.9)	— (1)	— (1)
	9	0.5	2	1
	12	0.5	0	0

Le tableau 44 donne les valeurs obtenues selon les méthodes conventionnelles, au laboratoire forestier de l'État à Gembloux. (*).

442.2 Observations.

A la lecture de ce tableau, un premier fait se manifeste immédiatement ; le pouvoir et l'énergie germinatifs sont relativement faibles partout. Le calcul de la *moyenne pondérée par surface* donne 34 % de faculté germinative pour le *secteur* Siegenien contre 15 % seulement pour le *secteur* Gedinnien. En comparant les *stations*, on constate que les valeurs varient indépendamment de la productivité potentielle.

Les éléments nous manquent encore pour fixer les causes réelles des faibles valeurs des qualités germinatives. Il est probable que l'âge des semenciers qui oscille aux environs de 180 ans soit en partie responsable.

(*) Nous remercions cordialement le Professeur J. FOUARGE et son collaborateur M. SACRE, chef de travaux, pour l'obligeance avec laquelle ils ont bien voulu procéder aux déterminations.

TABLEAU 44

Pouvoir et énergie germinatifs des faines récoltées en 1960 dans la *région* de St-Hubert

Keimfähigenergie und Keimkraft der 1960, in der Gegend von St-Hubert, gesammelten Buchecker

Germinative energy and power of beechnuts collected in 1960 in the St-Hubert region

Secteur	*Stations*	% de germination après							Graines pourvues d'un germe de 2-3 mm qui ne s'est pas développé (%)
		5 jrs	10 jrs	20 jrs	30 jrs	40 jrs	50 jrs	60 jrs	
Siegenien de St-Hubert	1	6.0	8.0	8.0	10.0	14.0	18.7	20.7	5.3
	2	11.3	14.0	16.7	18.7	21.3	22.7	24.0	8.0
	3	12.0	17.3	19.3	21.3	23.3	24.7	25.3	7.5
	4	24.0	30.7	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	6.7
Gedinnien d'Arville	6	6.0	6.7	9.3	10.7	11.3	12.0	13.3	4.0
	7	3.3	5.3	8.7	10.0	11.3	11.3	13.3	5.3
	8	7.3	8.7	14.7	19.3	21.3	21.3	21.3	12.7
	9	6.7	8.0	10.0	10.0	13.3	14.7	14.7	2.0
	12	6.7	8.0	12.0	18.0	20.0	21.3	23.3	18.0

Mais il reste cependant bien entendu que les déterminations de laboratoire ne sont qu'un reflet très imparfait du comportement des semences en pleine forêt.

Un second fait est encore à souligner. Les différences par *secteur* notées précédemment au tableau 43 pour les semis antérieurs à 1960 sont certainement explicables au moins partiellement par l'examen du tableau 44.

Nous avons déjà tenu à vérifier sommairement si le facteur « luminosité » pouvait être évoqué pour expliquer ce comportement différent des groupes de *stations* classées par *secteurs*. Une première série de déterminations au luxmètre effectuées en conditions très comparables ne permet pas à première vue de faire intervenir ce facteur ; mais une étude plus spécialisée devra être entreprise ultérieurement.

443. *État comparatif des semis 1960 entre deux périodes de 1961.*

443.1 Exposé des résultats.

Le tableau 45 résume nos observations faites respectivement en juin et septembre 1961.

TABLEAU 45

Relevés des semis naturels provenant de la fainée de 1960. Les nombres entre ( ) représentent les valeurs moyennes pondérées par secteur

Zusammenstellung der natürlichen Buchensämlinge der 1960-er Buchenmast. Die Zahlen in ( ) entsprechen den gewogenen Mittelwerten pro Sektor

Numbers of natural seedlings of the 1960 beechmast. The figures between ( ) correspond to the weighted means per sector

Secteurs	*Stations*	Nombres, par m², de semis relevés en	
		Juin 1961	Septembre 1961
Siegenien de St-Hubert	1	10	5
	2	14	10
	3	38 (17)	20 (10)
	4	12	7
Gedinnien d'Arville	6	3	2
	7	8	4
	8	10 (9)	6 (5)
	9	10	6
	12	13	7

443.2 Observations.

Nous constatons immédiatement que les valeurs se maintiennent plus élevées dans le *secteur* Siegenien. Mais, après trois mois, le pourcentage de fonte est du même ordre de grandeur dans les deux *secteurs*.

Les valeurs par *stations* demeurent indépendantes de la productivité ligneuse potentielle.

La *station* 3 se caractérise par un nombre de semis relativement élevé. Rappelons que cette *station* possède une teneur plus forte que les autres en acide phosphorique.

Pour illustrer la dernière observation nous présentons ci-après le graphique 25 juxtaposant les courbes de distribution suivant l'altitude de plusieurs expressions du coefficient de JENNY et de la répartition des plantules de semis naturel, selon les valeurs des tableaux 8 et 45.

Le parallélisme d'allure entre tous les graphiques est frappant. Il nous reste à vérifier cependant, d'une manière expérimentale, s'il s'agit bien d'un effet de l'acide phosphorique comme on est tenté de le croire.

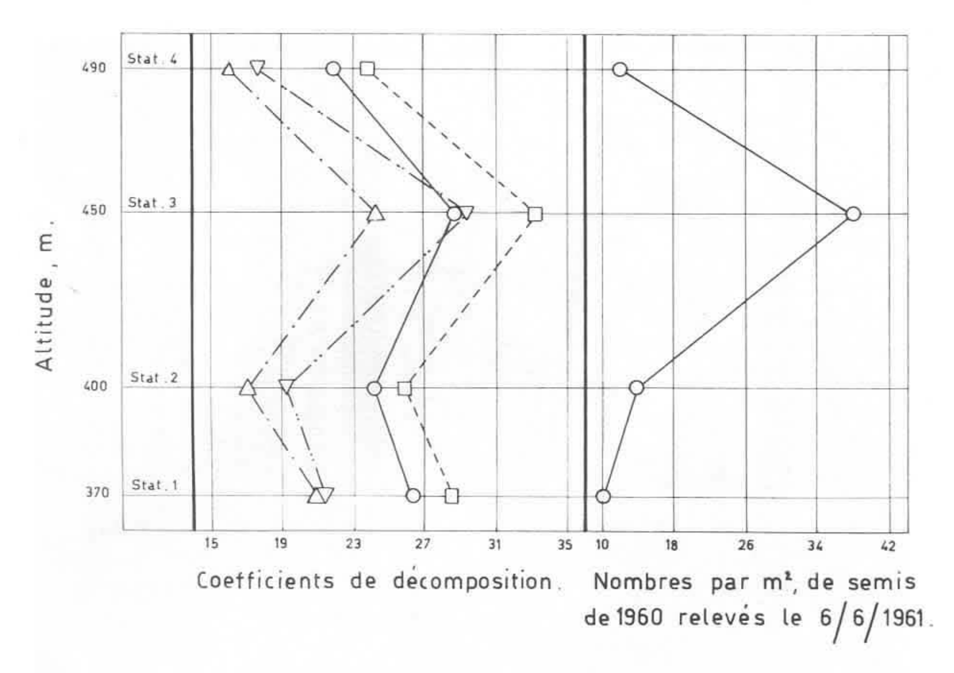


Fig. 25. — Variations comparées, en fonction de l'altitude, du coefficient de décomposition des litières et du nombre de semis provenant de la fainée de 1960. *Secteur* Siegenien.

Abb. 25. — *Vergleich der Variationen des Laubstreuzersetzungskoeffizientes und der Buchensämlingszahl der 1960-er Buchenmast, in Beziehung auf die Höhe ü/M. Sektor Siegen.*

Fig. 25. — *Compared variations of the litter decomposition rates ard of numbers of seedlings of the 1960 beechmast, in relation to elevation. Siegeman sector.*

45. Les expressions pédologiques des phénomènes de la dégradation anthropique des sols. Exemple d'utilisation d'une station de référence.

La *station* 12 porte visiblement des marques de l'influence humaine. Le micro-relief accuse encore les billons de l'essartage. Elle se trouve d'ailleurs à la limite d'une zone de taillis sur laquelle se sont concentrées durant des siècles les pratiques spoliatrices.

451. *Exposé des résultats.*

Le tableau 46 établit la comparaison entre la *station* d'observation et la *station* 9 prise comme *station* de référence.

452. *Observations.*

Les faits les plus caractéristiques sont : la diminution du poids de la litière annuelle, la diminution du poids par surface des *matières humiques*



PHOTO 5. — *Secteur* gedinnien, *station* 12, *Vaccinio-Fagetum*.

précipitables (M.H.P.) que nous avions appelé conventionnellement les *acides humiques non complexés* ; l'augmentation des « acides fulviques » (M.H.N.P.), l'augmentation notable de l'aluminium échangeable malgré la stabilité de l'hydrogène échangeable.

Notre enquête se poursuit pour déterminer jusqu'à quel point les tendances observées relèvent de lois générales.

46. PREMIÈRES CONCLUSIONS CONCERNANT LA NATURE ET L'IMPORTANCE DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES, PRINCIPALEMENT PÉDOLOGIQUES, À FAIRE INTERVENIR EN TYPOLOGIE FORESTIÈRE.

Deux remarques sont à faire préalablement.

TABLEAU 46

Influence de la dégradation
Comparaison entre une STATION dégradée (12) et sa STATION de référence (9)

Einfluss der Degradierung
— Vergleich zwischen einem degradierten Standort (12) und seinem Referenzstandort (9)

Influence of degradation — Comparison between a degraded site (12) and its reference site (9)

Valeurs	*Station* de référence (9)	*Station* dégradée (12)	% par rapport à la *station* de référence
Volume bois fort du peuplement total	858 m^3	538 m^3	— 37,3 %
Hauteur moyenne du peuplement principal	27,9 m	21,7 m	— 22,1 %
Accroissement périodique en volume (5 ans)	32,3 m^3	20,8 m^3	— 35,4 %
Accroissement annuel moyen	5,55 m^3	3,59 m^3	— 35,3 %
Poids de la couche morte (Ao), kg par are	155 kg	132 kg	— 14,8 %
Poids de la litière (L), kg par are	60 kg	46 kg	— 23,2 %
Carbone total, kg par are	1137 kg	1172 kg	+ 3,1 %
Azote total, kg par are	56,2 kg	53 kg	— 5,7 %
Rapport C/N global	20,2	22,1	+ 9,4 %
Azote de la litière, en % de l'azote total $\frac{100\ L}{L + T}$	1,21 %	0,89 %	— 26,4 %
Coefficient de concentration superficielle de l'azote $\frac{100\ (Ao + A1)}{T}$	16,9	19,2	+ 13,6 %
Matières humiques totales (M.H.T.), kg/are	319 kg	312 kg	— 2,2 %
Mat. hum. précipitables (M.H.P.), kg/are	124 kg.	91 kg	— 26,6 %
Mat. hum. non précipitables (M.H.N.P.), kg/are	195 kg.	221 kg	+ 13,3 %
Hydrogène échangeable, éq par are	2439 éq.	2459 éq.	+ 0,82 %
Aluminium échangeable, éq. par are	694 éq.	943 éq.	+ 35,9 %

a) La typologie forestière poursuit deux buts complémentaires ; le premier consiste à définir et à décrire les *stations* forestières ; le second se résume à un problème de cartographie.

Les méthodes de typologie proposées par différentes écoles se répartissent généralement en trois catégories :

— méthodes botaniques basées soit sur des associations végétales soit sur des groupes écologiques,

— méthodes pédologiques mettant en relief un ou plusieurs facteurs édaphiques fondamentaux,

— méthodes mixtes utilisant à la fois les arguments botaniques et pédologiques.

En fait, concrètement, toutes ces techniques deviennent proches l'une de l'autre dans leur application à partir du moment où les différents arguments choisis sont interprétés en fonction de l'ensemble des écosystèmes.

b) Dans la discussion suivante, il nous faut faire la distinction entre les forêts *primaires* ou *approximativement climaciques* dont le forestier utilise les potentialités naturelles et les *forêts secondaires ou de substitution* et les *forêts artificielles*.

Dans le cas de nos recherches d'ensemble, les forêts primaires sont des futaies de hêtre, les forêts secondaires ou de substitution, des taillis ou taillis sous-futaie à base de chêne et les forêts artificielles, des plantations de résineux.

En considérant dans le cadre de cette étude, les *forêts primaires* ou futaies de hêtre comme relativement « naturelles », les observations suivantes sont à faire :

1° Dans tout territoire analysé, il doit exister une hiérarchie de facteurs écologiques exo- ou endo-édaphiques qu'il est possible de mettre en évidence par des observations s'étageant à plusieurs niveaux. Rappelons que nous avons retenu quatre niveaux :

- la *région*, ou niveau du climat régional,
- le *secteur*, ou niveau lithologique,
- la *station*, ou niveau du climat local déterminé en grande partie par les conditions topographiques (altitude) dans la *région* considérée,
- la *plage*, ou niveau qui tient compte de l'hétérogénéité du tapis végétal due partiellement à des effets microclimatiques.

Dans le cas présent, nous avons constaté que le facteur complexe altitude apparaît le plus intéressant parmi les facteurs généraux. C'est de lui que dépend essentiellement la production ligneuse exprimée en valeurs conventionnelles.

Cette conclusion ne peut cependant pas être extrapolée à d'autres *régions* sans vérification préalable. Seule l'expérience doit en décider pour chaque territoire envisagé.

Pour la *région* étudiée dans ce travail, en prenant l'altitude comme facteur de référence, on obtient des lois de distribution relativement complexes pour les propriétés pédologiques. Ces lois diffèrent notablement de la loi plus ou moins linéaire intéressant la productivité.

Dans la section 42 nous avons fait mention de *stations* « normales » correspondant à celles qui se succèdent régulièrement en séries topographiques. Nous avons cité également les *stations* « exceptionnelles », réparties à la faveur de conditions spéciales plus ou moins identifiées.

Nous avions déjà conclu précédemment que les indices de productivité, le groupement végétal et les qualités de l'humus sont à considérer comme trois aspects complémentaires de la caractérisation des écosystèmes forestiers. Il s'ensuit donc qu'une même classe de productivité peut correspondre à des types d'humus différents quand on descend jusqu'à un certain niveau de détail. La même remarque s'applique aux groupements végétaux.

Du point de vue pédologique, nous retrouvons la notion de « *sols analogues* » de PALLMANN (36).

2° Nous avons présenté quelques observations concernant la régénération naturelle du hêtre. Tout en attendant des confirmations ultérieures, nous pouvons admettre dès à présent, que les problèmes écologiques se posent différemment si l'on considère la productivité forestière ou l'installation des semis naturels.

3° Les *stations* sous hêtraies que nous retenons exclusivement dans cette publication, doivent nous servir de *stations de référence* pour des études concernant les forêts primaires dégradées, les forêts secondaires ou les forêts artificielles. Pour nous rendre compte, par exemple, si la richesse chimique d'un vieux taillis a été modifiée dans un sens ou dans l'autre, il est nécessaire de faire appel à des points de comparaison.

En première approximation, nous pouvons admettre que c'est dans les forêts « naturelles » que des pratiques comme la fumure minérale s'imposent le moins, sauf probablement au stade de la régénération naturelle.

Dans le cas de l'Ardenne, c'est certainement le climat avec ses nuances régionales et locales qui joue le rôle le plus important.

Pour les autres types de forêts qui s'écartent profondément des situations naturelles, il est probable que d'autres facteurs interviennent plus considérablement. Ces facteurs pouvant être primaires ou originels, secondaires ou induits selon les cas. Il est probable, par exemple, que certaines caractéristiques lithologiques comme la composition granulométrique jouent des rôles très différents dans des forêts feuillues équilibrées comme la plupart de nos futaies de hêtre ou dans les forêts d'épicéa qui présentent un tout autre type d'enracinement.

En conclusion, nous pouvons admettre qu'une carte de *stations* forestières, dans le cas des hêtraies de l'Ardenne doit mettre en évidence,

tout d'abord le facteur le plus général intéressant la productivité ligneuse. Dans la *région* étudiée, c'est le facteur altitude. Dans d'autres *régions*, ce pourra être le facteur lithologique, par exemple. Il faut faire apparaître ensuite une série de nuances qui n'ont pas d'intérêt immédiat pour la production ligneuse mais qui peuvent jouer au niveau de la régénération naturelle ou lorsqu'il s'agit d'utiliser les hêtraies « naturelles » comme *stations de référence* pour des enquêtes intéressant les forêts secondaires ou les forêts artificielles.

Sur la base d'une enquête plus large s'étendant à d'autres *régions* de l'Ardenne et à des types de forêts autres que les hêtraies, nous nous proposons tout d'abord de vérifier s'il est possible pratiquement de prévoir un seul type de cartographie typologique pour toute l'Ardenne, indépendamment du mode actuel d'utilisation forestière du substrat pédologique, ou s'il est préférable de concevoir plusieurs types de cartes pour les différents besoins de l'aménagiste.

Ce premier point étant acquis, il sera encore nécessaire d'établir objectivement la part respective et très probablement complémentaire à prendre par les caractéristiques botaniques et les caractéristiques pédologiques pour la fixation des critères cartographiques.

De toute façon, l'étude pédologique des *stations* basée principalement sur les propriétés de l'humification est indispensable pour donner des indications quantitatives sur l'état chimique ou biodynamique du sol.

Ces indications quantitatives doivent intervenir chaque fois que le forestier a des raisons d'envisager un apport d'amendements ou de fumures minérales.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aaltonen, V. T. 1948. Boden und Wald. Paul Parey, Berlin-Hambourg.
2. Achitov, M. 1961. Revue de la littérature relative à l'interaction entre le potassium et l'eau dans les plantes. *Revue de la Potasse,* section 3, 15e suite.
3. Alechine, S.N. 1956. L'état de sorption des ions H^{+} et Al^{+++} dans le sol. *Comm. VIe Cong. Intern. Sci. Sol, Paris, IIe Comm.*, Éd. Acad. Sciences, Moscou.
4. Barshad, I. 1960. Significance of the presence of exchangeable magnesium ions in acidified clays. *Science,* **131**, 988-990.
5. Calembert, J. 1954. Quelques données sur l'évaporation et les déficits en eau de Belgique. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.* **22**, 3-4, 189-212.
6. Chernov, V. A. 1954. La nature de l'acidité des Krasnozems et des Sols Podzoliques. *Comm. Ve Cong. Intern. Sci. Sol, Léopoldville,* Éd. Acad. Sciences U.R.S.S., 34-63.
7. Dagnelie, P. 1956. Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques.

Ire partie. Recherche d'un critère de station utilisable dans les hêtraies d'Ardenne. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, **24**, 3, 249-284.

8. Dagnelie, P. 1956. Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques. II[e] partie. Utilisation d'un critère de station dans les hêtraies d'Ardenne. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, **24**, 4, 369-410.
9. Dagnelie, P. 1957. Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques. III[e] partie. Interprétation des résultats. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, **25**, 1-2, 44-94.
10. Dagnelie, P., Evrard, R. et Manil, G. 1956. Considérations pédologiques et statistiques sur l'échantillonnage du sol en vue de l'analyse. *Comm. VI[e] Cong. Intern. Sci. Sol, Paris*, vol. E, 503-507.
11. Delecour, F. et Manil, G. 1958. Contribution micromorphologique à l'étude de l'humification dans les Sols Bruns Acides des Ardennes belges. *Pédologie*, **8**, 127-133.
12. Delecour, F. et Manil, G. 1962. Mikromorphologischer Beitrag zur Kenntnis der sauren Braunerden der belgischen Ardennen. *Z. Pflanzenernähr. Düng., Bodenk.*, **98**, 219-224.
13. Duchaufour, Ph. et Bonneau, M. 1959. Une méthode nouvelle de dosage du phosphore assimilable dans les sols forestiers. *Bull. Ass. Franç. Et. Sol.*, n° 4, 193-198.
14. Fuchs, M. 1961. Contribution à l'étude de l'humification dans les litières de hêtre. *Pédologie*, **11**, 30-48.
15. Galoux, A. 1954. Phytosociologie et applications sylvicoles. *Congr. Intern. Bot. Paris*, Section 13, 31-34.
16. Hanotiaux, G. 1957. Contribution à l'étude physico-chimique et pédogénétique de Sols Bruns Acides et formations voisines de l'Ardenne belge. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, 25, 3-4, 269-296.
17. Hanotiaux, G. et Bourguignon, P. 1957. Minéralogie des argiles de sols ardennais. *Pédologie*, 7, 246-250.
18. Hoyois, G. 1953. L'Ardenne et l'Ardennais. Édit. Universitaires, Bruxelles-Paris.
19. Jenny, H., Gessel, S. P. et Bingham, F. T. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.*, 68, 419-432.
20. Kilmer, V. J. 1948. Determination of « free » iron in soils and clays. Bureau of Plant Industry, Beltsville, Maryland (Manuscrit).
21. Laatsch, W. 1954. Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Verlag Steinkopff. Dresden und Leipzig.
22. Laudelout, H. et D'Hoore, J. 1949. Influence du milieu sur les matières humiques. *Publ. I.N.E.A.C., Série Scient.*, n° 44.
23. Laudelout, H. et Eeckmann, J. P. 1958. La stabilité chimique des suspensions d'argile saturée par l'ion hydrogène. *Trans. Intern. Soc. Sci.*, II et IV *Comm.*, **2**, 194.
24. Lutz, H. J. et Chandler, R. F. jr. 1951. Forest Soils. J. Wiley et Sons, Inc. New-York.
25. Macar, P. et Alexandre, J. 1957. Compte rendu de la Session Extraordinaire de la Société Géologique de Belgique et de la Société belge de Géo-

logie, de Paléontologie et d'Hydrologie. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **81**, annexe, 108 pp.

26. Manil, G. 1958. Contribution à l'étude des loess ardennais. *Bull. Soc. belge Géol.*, **67**, 1, 128-140.
27. Manil, G. 1958. Climax et Pédoclimax. I. Discussion de notions de base. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **91**, 217-238.
28. Manil, G. 1958. L'humus forestier. Deuxième partie. Une première application : la classification des sols forestiers. *Bull. Soc. Roy. For. Belg.*, **65**, 577-602.
29. Manil, G. 1959. Aspects pédologiques du problème de la classification des sols forestiers. *Pédologie*, 9, 214-226.
30. Manil, G. et Avril, P. 1956. Quelques aspects du problème du pédoclimax en Haute Ardenne belge. *C.R. VIII[e] Cong. Intern. Botan. Paris*, section 13 30-32.
31. Manil, G. et Hanotiaux, G. 1957. Données descriptives sur les Sols Bruns Acides et les Sols Bruns Ocreux (Brown-Podzolic Soils) des Ardennes belges. *Pédologie*, **7**, 239-245.
32. Manil, G., Martin, L., Collin, E., Evrard, R. et Gruber, R. 1953. Les sols forestiers de l'Ardenne. Le plateau de St-Hubert-Nassogne. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, **21**, 3-4, 42-130.
33. Manil, G. et Pecrot, A. 1954. Les sols forestiers oligotrophes du climax des Ardennes belges. *C.R. V[e] Cong. Intern. Sci. Sol, Léopoldville*, **IV**, 441-446.
34. Mehlich, A. 1948. Determination of cation- and anion-exchange properties of soils. *Soil Sci.*, **66**, 429-445.
35. Noirfalise, A. 1956. La hêtraie ardennaise. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, **24**, 2, 208-239.
36. Pallmann, H. 1947. Pédologie et phytosociologie. *C.R. Cong. Pédol. et Phytosociol., Montpellier.*
37. Paver, H. et Marshall, C. E. 1934. The rôle of aluminium in the reactions of the clays. *Chemistry and Industry*, sept. 1934, 750-760.
38. Pecrot, A. et Avril, P. 1954. Les sols ardennais. I. Étude morphologique et génétique des Sols Bruns Acides et des Sols Podzoliques du plateau de St-Hubert. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembl.*, **22**, 1-2, 52-75.
39. Reginster, P. 1955. La productivité stationnelle des hêtraies d'Ardenne. *Bull. Soc. Roy. For. Belg.*, **62**, 1-8.
40. Schofield, R.K. 1946. Factors influencing ionic exchange in soils. *Soils and Fert.*, **9**, 4, 265.
41. Sprain, W. et Banks, C. V. 1952. Spectrophotometric determination of aluminium and iron in calcium. *Anal. Chim. Acta*, 6, 363-367.
42. Tiurin, I.V. 1951. (Vers une méthode d'analyse pour l'étude comparative des constituants de l'humus du sol.) (en russe) *Trav. Inst. des Sols Dokutchaiev*, **38**, 32 pp.
43. Tüxen, R. 1954. Über die räumliche, durch Relief und Gestein bedingte Ordnung der natürlichen Waldgesellschaften am nördlichen Rande des Harzes. *Vegetatio*, **V-VI**, 454-478, Den Haag.

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à ceux qui nous ont aidé dans la préparation et la mise au point du présent mémoire : M[me] Y. Dufour-Hallet, M[lle] J. Lambeaux, M. J. Dufour pour le travail de laboratoire, M[lle] G. Dulieu, M[me] C. Charlier pour la dactylographie, MM. F. Weissen et H. Van Praag pour la revision du manuscrit.

RÉSUMÉ

L'ensemble du travail constitue un aspect du problème de la description et de la cartographie des *stations* forestières.

Après une brève description du milieu ardennais, les AA. abordent la PREMIÈRE PARTIE de leur travail, concernant *la description pédologique des stations d'étude.*

Le but des recherches est double. Le *but immédiat* est de présenter un ensemble d'observations sur une série de *stations* de hêtraies peu dégradées destinées à servir de *stations de référence* pour la poursuite des recherches. Le *but final* vise à déterminer les facteurs édaphiques influençant ou manifestant réellement l'état de fertilité ou de productivité des sols forestiers et s'intéresse à la définition objective des propriétés pédoclimaciques caractérisant les *écosystèmes* que constituent les différentes *stations* d'étude.

Le choix de l'humus en tant que facteur de *station* est justifié, de même que la prise en considération des différents niveaux d'observation suivants :

a) le niveau « *région* », dépendant du climat régional ;

b) le niveau « *secteur* », correspondant au facteur lithologique ;

c) le niveau « *station* », ou niveau biocénotique proprement dit, dans le cadre de nos travaux, dépendant du climat local conditionné par la topographie ;

d) le niveau « *plage* », qui tient compte de l'hétérogénéité naturelle du tapis végétal et des sols forestiers ; il est partiellement l'expression du micro-climat.

Le présent travail concerne plus spécialement la *région* du plateau de St-Hubert-Nassogne où deux *secteurs* du Dévonien inférieur ont été retenus. Une première série de *stations* a été étudiée sur un substrat siegenien schisto-gréseux dans la forêt de St-Hubert, une autre sur un substrat gedinnien également schisto-gréseux, mais à tendance plus siliceuse, dans la forêt d'Arville. Les *stations* étudiées appartiennent au groupe des Sols Bruns Acides ; elles portent des végétations caractéristiques du *Luzulo-Fagetum boreoatlanticum* (NOIRFALISE).

Les principales observations peuvent se résumer comme suit :

1. *Granulométrie* : D'une manière générale, la teneur en argile tend à augmenter depuis le bas des versants jusqu'aux replats des interfluves. Le sous-sol varie suivant les *secteurs* et les *stations* : au bas des pentes, il s'agit de dépôts relativement sableux de désagrégation physique, alors que sur les plateaux apparaissent des formations paléo-pédologiques plus ou moins imperméables.

2. *Matière organique totale* : Les valeurs prises en considération sont des valeurs globales, exprimées par unité de surface et concernant l'ensemble du profil, jusqu'à une profondeur de 50 cm. L'existence des quatre niveaux d'observation retenus *a priori* se manifeste nettement. Le niveau *région* se marque par une qualité d'humification règlant l'importance des horizons holorganiques et les valeurs du *coefficient de décomposition* des litières, $\frac{100\ L}{L + Ao}$ (où L = litière annuelle et Ao = horizons holorganiques avant la chute des feuilles) (JENNY). Le niveau *secteur* se marque par un certain décalage des valeurs, si l'on prend *l'altitude* (ce facteur intégrant plusieurs éléments) comme facteur écologique de référence. Le niveau *station* se marque spécialement bien quand on examine les courbes de répartition des valeurs en fonction de l'altitude ; ces courbes se retrouvent, *grosso modo*, parallèles d'un *secteur* à l'autre. De plus, les *stations* exceptionnelles

n'existant qu'à la faveur de circonstances spéciales, ont des valeurs qui, tout au moins pour l'azote, s'écartent appréciablement de la courbe « *normale* » de distribution. Le niveau *plage* se manifeste par des valeurs variables selon l'absence ou la présence de végétation, selon la nature et la densité de la couverture herbacée.

3. *Matières organiques extractibles par NaF* : Confirmant les observations précédentes, ces valeurs fournissent des informations objectives pour la définition des types d'humus et montrent l'importance du facteur lithologique sur la dynamique de l'humus (complexes organo-minéraux).

4. *Les courbes de fer « mobilisable »* : Elles sont obtenues en traitant différentes répétitions d'un même échantillon par des concentrations croissantes d'acide oxalique. Les allures des courbes, leur position par rapport à l'axe des abscisses, ainsi que les valeurs du rapport $\frac{\text{fer « mobilisable »}}{\text{fer « libre »}}$ sont bien représentatives des types d'humus correspondant aux profils en cause.

5. *L'acidité* : Les déterminations utilisées sont le pH, l'hydrogène et l'aluminium échangeables. Les valeurs obtenues illustrent des modes de répartition verticale dans le profil variables suivant la tendance générale de l'humification. Mais il faut noter, toutefois, que l'économie en hydrogène échangeable n'apparaît pas toujours parallèle à celle de l'aluminium échangeable.

6. *Premières données sur la dynamique des éléments nutritifs* : Les premières observations livrées dans le cadre de ce mémoire ne concernent que les couches holorganiques de surface. On observe, tout d'abord, que plusieurs valeurs, absolues ou relatives, oscillent autour de mêmes moyennes, indépendamment des niveaux *secteur* ou *station*. Le magnésium apparaît souvent comme le meilleur élément de différenciation au niveau *secteur* ; il semble bien qu'au facteur lithologique on doive ajouter des effets bio-cycliques. Un cas spécial permet, une nouvelle fois, de souligner l'importance du phosphore dans les problèmes de fertilité forestière.

En conclusion à la PREMIÈRE PARTIE de leur travail, les AA. pensent, malgré une série de réserves énoncées, qu'il est légitime de prendre en considération les différents niveaux d'observation retenus *a priori*, sur la base d'observations forestières préalables. En outre, l'utilisation de l'humus comme *facteur de station* fait apparaître la nécessité d'en établir une classification sur des bases écologiques les plus précises possibles. Les résultats acquis laissent entrevoir, semble-t-il, la possibilité de baser la classification des types d'humus sur des données intéressant l'économie en azote et sur des indices de vitesse de circulation biologique. Les premiers résultats peuvent se résumer comme suit : les formes d'humus le plus généralement observées appartiennent à la *famille* des *moder*. Celle-ci se subdivise à son tour, en différents groupes :

— *moder mulleux*, en transition vers les *mull acides*,
— *moder typique*, correspondant au maximum d'accumulation de matières organiques,
— *dysmoder*, climacique ou anthropique, en transition vers les *mor*.

La DEUXIÈME PARTIE du mémoire concerne *la description botanique et forestière des stations d'étude*.

Les coefficients d'abondance-dominance utilisés par les phytosociologues ont été complétés par des mesures précises de recouvrement des diverses espèces de la

strate herbacée. Les observations suggèrent la conclusion que le facteur géologique (niveau *secteur*) introduit des nuances appréciables entre les *stations* considérées comme homologues d'après la légende de la carte phytosociologique utilisée.

Par comparaison avec les résultats obtenus par d'autres chercheurs, les mesures de productivité effectuées par les AA. ont confirmé la signification pratique du groupement phytosociologique en tant qu'*indicateur* de la productivité potentielle des sols, dans le cas des hêtraies ardennaises.

La TROISIÈME PARTIE du mémoire aborde *quelques aspects des relations entre les qualités forestières des stations et leurs caractéristiques pédologiques.*

En premier lieu, les AA. justifient le choix de l'*altitude* comme facteur écologique de référence.

L'allure des courbes de répartition des valeurs pédologiques en fonction de l'altitude, comparée à l'allure des courbes obtenues pour des expressions de la productivité fait ressortir le fait important que, pour des *stations* forestières équilibrées ou climaciques, valeurs conventionnelles de la productivité et valeurs pédologiques apparaissent uniquement comme des manifestations *parallèles* de l'ensemble des propriétés des écosystèmes et qu'il est donc injustifié d'établir des relations de cause à effet.

Les AA. soulignent également l'importance du problème de la recherche du mode d'expression des résultats le plus intéressant du point de vue de l'écologie forestière pratique.

Fut abordée également au cours de ces recherches, l'étude de la régénération naturelle du hêtre, notamment par comptage des plantules antérieures à la fainée de 1960 et des plantules provenant de celle-ci, ainsi que par détermination, en laboratoire, des qualités germinatives des faines de 1960. Ces trois déterminations permettent d'observer de sensibles différences entre *secteurs* (facteur géologique). Au niveau *station*, il n'apparaît pas de relation entre les valeurs obtenues et la productivité potentielle. Pour les semis provenant de la fainée de 1960, on constate en outre, qu'entre deux périodes de comptage des plantules le pourcentage de fonte est du même ordre de grandeur pour les deux *secteurs* en cause. Enfin, il semble se manifester une bonne relation entre le nombre de plantules et les diverses valeurs du *coefficient de décomposition* des litières.

Un exemple d'utilisation d'une *station de référence* est donné pour l'évaluation des expressions pédologiques des phénomènes de la dégradation anthropique des sols.

Le mémoire se termine par quelques considérations concernant la nature et l'importance des facteurs écologiques, principalement pédologiques, à faire intervenir en typologie forestière. Les AA. pensent qu'il doit exister dans tout territoire analysé, une hiérarchie de facteurs exo- ou endo-édaphiques qu'il est possible de mettre en évidence par des observations s'étageant à plusieurs niveaux. Dans la *région* prise en considération, le facteur complexe *altitude* s'est révélé le plus intéressant ; *mais cette conclusion ne peut s'extrapoler à d'autres régions sans vérification.* Chaque territoire doit donc faire l'objet d'une étude complète. De plus, les observations sur la régénération naturelle suggèrent la conclusion que les problèmes écologiques se posent de manière différente pour la production ligneuse ou pour l'installation de semis naturels.

Une carte de *stations* forestières devrait donc mettre en évidence, en premier lieu, une hiérarchie de facteurs écologiques intéressant la productivité ligneuse.

Elle devrait faire appel, également, à des nuances éco-pédologiques qui peuvent jouer, par exemple, au niveau de la régénération naturelle, ou dans le cas de forêts secondaires ou artificielles, etc... Il est possible également que les recherches en cours montrent l'utilité d'établir des cartes différentes suivant les problèmes qui se posent aux praticiens forestiers.

HUMUS ALS STANDORTSFAKTOR DER SAUREN BUCHENWÄLDER BELGIENS

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen geben einen Überblick über die Forsttypologie Probleme. Nach einem kurzen Überblick des Ardennen Milieus, geben die AA. *die bodenkundliche Beschreibung der Versuchsstationen*, im Ersten Teil dieser Abhandlung.

Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen ist doppelt. *Zuerst* werden Beobachtungen über eine Reihe von wenig degradierten *Standorten* des Buchenwaldes gemacht, die als *Referenzstandorte* für weitere Untersuchungen dienen sollen. Das *Endziel* liegt darin, jene Bodenfaktoren, welche für die Fruchtbarkeit oder für die Produktivität des Waldbodens ausschlaggebend sind, herauszuschälen. Ausserdem soll eine objektive Definition für die, die *Oekosysteme* der verschiedenen *Standorte* charakterisierenden Bodenklimaxeigenschaften, im Rahmen der Standortkartierungsprobleme, gegeben werden.

Die Wahl des Humus als *Standortsfaktor* wird gerechtfertigt, sowie das Inbetrachtziehen der folgenden Beobachtungsstufen :

a) Stufe *Gegend*, vom regionalen Klima abhängend ;
b) Stufe *Sektor*, Ausdruck der Lithologie (Geologie) ;
c) Stufe *Standort*, oder biocenotische Stufe, im Rahmen unserer Untersuchungen, von dem topographisch bedingten lokalen Klima abhängend ;
d) Stufe *(Vegetations-)fläche*, drückt die natürliche Unregelmässigkeit der Pflanzendecke und des Waldbodens aus, die teilweise, vom Mirkroklima bedingt ist.

Die *Gegend* des St-Hubert-Nassogne Plateau, in welcher zwei *Sektoren* des Eodevon festgehalten wurden, wird hier speziell behandelt. Eine erste Reihe von *Standorten* im St-Hubert-Wald, auf einer Schiefer-Sandsteinunterlage des Siegenien ruhend, wurde studiert, sowie eine zweite Reihe auf derselben aber etwas sandigeren Unterlage des Gedinnien im Walde von Arville. Die studierten *Standorte* gehören der Gruppe der « *Sols Bruns Acides* » an ; sie tragen die charakteristische Vegetation des *Luzulo-fagetum boreoatlanticum* (Noirfalise).

Die hauptsächlichen Beobachtungen können folgendermassen zusammengefasst werden :

1) *Korngrössenverteilung* : Im Allgemeinen nimmt der Tongehalt von der Unterstufe des Abhanges bis zur Oberstufe zu. Der Untergrund ist unterschiedlich mit *Sektor* (Geologie) und *Standort* : der Unterhang zeitigt sandige Ablagerungen physikalischer Verwitterung, die Hochebene, mehr oder weniger undurchlässige paleopedologische Formationen.

2) *Gesamthumus* : Die angegebenen globalen Werte, das Bodenprofil bis zu 50 cm Tiefe interessierend, sind pro Flächeneinheit ausgedrückt. Die Gültigkeit der vier *angenommenen* Beobachtungsstufen konnte bewiesen werden. Die Stufe *Gegend* kommt durch eine qualitative Humifikation zum Ausdruck, welche die Dicke der holorganischen Horizonte regelt sowie die Werte des *Laubstreuzersetzungskoeffizienten* nach JENNY, $\frac{100\ L}{L + Ao}$ (L = jährlicher Laubfall, Ao = holorganische Horizonte vor dem Laubfall). Die Stufe *Sektor* (Geologie) zeigt eine Verschiebung der Werte wenn man die *Höhe ü/M* (ein Faktor der verschiedene andere Faktoren summiert) als oekologischen Referenzfaktor betrachtet. Die Stufe *Standort* offenbart sich durch die Verteilungskurve der Werte in Beziehung auf die Höhe ü/M ; diese Kurven komplexer Natur, sind nach den *Sektoren* « *grosso modo* » gleichlaufend. Die aussergewöhnlichen *Standorte*, durch anormale Umstände bedingt, haben Werte die stark von der « *normalen* » Verteilungskurve abweichen, wenigstens was den Stickstoff anbelangt. Die Stufe (*Vegetations-*) *fläche* äussert sich durch eine Variation in den Werten je nach der Gegenwart oder der Abwesenheit der Vegetation, nach der Natur und der Dichte der Pflanzendecke.

3) *Durch NaF extrahierbare organische Stoffe* (Gesamthumusstoffe). Diese Werte bestätigen die vorhergehenden Beobachtungen und geben ausserdem objektive Auskunft hinsichtlich der Definition der Humustypen. Sie heben desweiteren die Rolle des Lithologiefaktors in der Dynamik des Humus hervor (organo-mineralische Komplexe).

4) *Kurven des « mobilisierbaren » Eisens* : Sie sind das Ergebnis der Behandlung mehrerer Wiederholungen einer und derselben Probe mit steigenden Konzentrationen von Oxalsäure. Die Gestaltung der Kurven, ihre Stellung in Bezug auf die Koordonanten, sowie die Werte des $\frac{\text{« mobilisierbares » Eisen}}{\text{« freies » Eisen}}$ — Verhältnisses sind sehr charakteristisch für die verschiedenen Humustypen.

5) *Azidität* : In Betracht gezogen wurden pH, austauschbarer Wasserstoff und austauschbares Aluminium. Die Tendenzen der Humifikation können durch die verschiedenartige vertikale Verteilung der Werte ausgedrückt werden. Es sei hier jedoch darauf aufmerksam gemacht, dass der austauschbare Wasserstoff nicht immer mit dem austauschbaren Aluminium parallel läuft.

6) *Erste Angaben über die Dynamik der Nährstoffelemente* : Die ersten Beobachtungen welche hier behandelt werden, gelten ausschliesslich für die holorganischen Oberflächenhorizonte. Man kann feststellen, dass mehrere absolute oder relative Werte um gleiche Mittel schwanken, abgesehen von den Stufen *Sektor* oder *Standort*. Das Magnesium erweist sich oft als bestes Element zur Differenzierung der Stufe *Sektor* ; es scheint, dass man neben dem Lithologiefaktor biologische Kreislaufeffekte erwägen muss. Ein spezieller Fall erlaubt es nochmals die Wichtigkeit des Phosphors, in den Problemen der Waldfruchtbarkeit, zu unterstreichen.

Als Schlussfolgerung des ERSTEN TEILES ihrer Arbeit, glauben die AA. trotz einiger Einschränkungen, dass das Inbetrachtziehen der verschiedenen Beobachtungsstufen, die « *a priori* », an Hand forstlicher Beobachtungen festgehalten wurden, gerechtfertigt ist. Ausserdem lässt der Gebrauch des Humus als *Standortsfaktor* die Notwendigkeit erscheinen, eine Klassifizierung des Humus auf einer

möglichst genauen oekologischen Basis zu unternehmen. Die erworbenen Ergebnisse geben voraussichtlich die Möglichkeit, die Klassifizierung der Humustypen auf der Basis des Stickstoffhaushaltes und der Indexen biologischer Kreisumlaufsschnelle aufzubauen. Die ersten Ergebnisse können folgendermassen zusammengefasst werden. Die geläufigsten Humusformen gehören der *Familie* des *Moder* an. Diese kann ihrerseits in verschiedene *Gruppen* eingeteilt werden ; *mullartiger Moder*, im Übergang auf den *sauren Mull* ; *typischer Moder*, der maximalen Anhäufung organischer Materie entsprechend ; klimax oder anthropischer *Dysmoder*, im Übergang auf den *Mor*.

Die AA. versuchen im Übrigen die *Gruppen* in *Untergruppen* und *Typen* an Hand der vorhergehenden Angaben aufzuteilen.

Der ZWEITE TEIL der Abhandlung beschäftigt sich mit der *botanischen und der forstlichen Beschreibung der Versuchsstationen.*

Die von den Phytosoziologen angewandten Abundanz-Dominanz Koeffizienten wurden durch genaue Bedeckungsmessungen der verschiedenen Pflanzenarten der Vegetationsdecke vervollständigt. Die Beobachtungen lassen darauf schliessen, dass der Faktor Geologie (Stufe *Sektor*) nennenswerte Abstufungen zwischen Standorten bringt, welche nach der Legende der phytosoziologischen Karte als einheitlich dargestellt werden.

Im Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren, haben die Produktivitätsmessungen der AA. den praktischen Wert der phytosoziologischen Klassifizierung als Ausdruck der *potentiellen* Produktivität des Bodens, im Falle des Ardennen Buchenwaldes bestätigt.

Der DRITTE TEIL befasst sich mit *einigen Anblicken über die Beziehungen zwischen der forstlichen Qualität der Standorte und deren pedologischen Charakteristiken.*

Zuerst rechtfertigen die AA. die Wahl der Höhe ü/M als komplexen oekologischen Referenzfaktor.

Die Gestaltung der Verteilungskurven der pedologischen Werte in Bezug auf die Höhe ü/M, verglichen mit den Kurven, die Produktivität des Waldes wiedergebend, stellt eine wichtige Tatsache ins Licht. Für *Klimaxstandorte* oder *Standorte* in biologischem Gleichgewicht erscheinen konventionelle Werte der Produktivität und pedologische Werte ausschliesslich als *parallele* Ausdrücke der Eigenschaften der Oekosysteme, und es ist daher nicht gerechtfertigt sich auf kausale Verhältnisse zu berufen.

Die AA. unterstreichen auch die Wichtigkeit des Problems der Ausdrucksweise der Resultate, um festzustellen welche, vom Standpunkt der praktischen Forstoekologie, interessanter ist.

Die Versuche befassten sich desweiteren mit dem Studium der natürlichen Regeneration der Buche als *Standortsfaktor.* Die Buchensämlinge vor der Buchenmast von 1960 und diejenigen von letzterer herstammend wurden gezählt. Im Laboratorium wurden Versuche über die Keimungsfähigkeit der Buchecker von 1960 gemacht. Diese drei Bestimmungen erlaubten es merkenswerte Unterschiede zwischen *Sektoren* festzustellen. In der Stufe *Stendort* erscheint keine Bindung zwischen den erhaltenen Resultaten und der potentiellen Produktivität. Was die Sämlinge der 1960-er Buchenmast anbelangt, konnte weiterhin klargestellt werden, dass zwischen zwei Zählungen das Schmelzungsprozent der Sämlinge auf beide *Sektoren* wesentlich gleich war. Schlussendlich scheint eine gute Bindung zwischen dem *Laubstreuzersetzungskoeffizient* und der Zahl der überlebenden Sämlinge zu bestehen.

Zum Beispiel wurde ein *Referenzstandort* gebraucht, um die menschliche Degradierung des Bodens mit Hilfe von pedologischen Kriteren abzuschätzen.

Die Abhandlung schliesst mit einigen Erwähnungen über die Natur und die Wichtigkeit der oekologischen und hauptsächlich der pedologischen Faktoren, was deren Anwendung in der Forsttypologie anbelangt. Die AA. glauben, dass in jedem analysierten Gebiet eine Stufung der exo- oder endo-edaphischen Faktoren besteht, welche dadurch ans Tageslicht gebracht werden können, indem man die Beobachtungen auf verschiedenen Stufen unternimmt. In der in Betracht gezogenen *Gegend*, hat sich der komplexe Faktor Höhe ü/M als interessant erwiesen ; *diese Schlussfolgerung kann jedoch nicht ohne Überprüfung auf andere Gegenden angewandt werden.* Jedes Territorium muss also einem vollständigen Studium unterworfen werden. Weiter zeigen die Beobachtungen über die natürliche Regeneration, dass die oekologischen Probleme für die Produktivität der Holzmasse anders sind als diejenigen welche das Einstellen der natürlichen Sämlinge bedingen.

Eine Standortskarte müsste also eine Stufung der oekologischen Faktoren welche die Produktivität der Holzmasse beeinflussen ins Licht stellen und dann auch die feinen oeko-pedologischen Unterschiede beachten, welche zum Beispiel im Falle der natürlichen Regeneration, der sekundären oder künstlichen Wälder ausschlaggebend sind. Es ist überdies durchaus möglich, dass die laufenden Versuche die Zweckmässigkeit zeigen, verschiedene Karten anzufertigen die den Problemen des praktischen Forstmannes entsprechen.

HUMUS, SITE FACTOR IN BELGIAN ACIDOPHILIC BEECHOODS

SUMMARY

The main object of the research is directed towards the problems of forest site description and mapping.

The authors give, in the FIRST PART of this paper, after a short description of the Ardennes, *the pedological description of the sites studied.*

This research has a double purpose, first of all to present a set of observations on a series of little degraded beechwood *sites* which will be used as reference sites in further research ; the *final aim* has in view the determination of the edaphic factors actually influencing the fertility or productivity of forest soils, and envisages the objective definition of the pedoclimacic properties characterizing the *ecosystems* in the different *sites* studied.

The choice of humus as *site factor* is justified and also the taking into account of the different observation levels which are :

a) the « *region* » level, depending on the regional climate ;
b) the « *sector* » level, corresponding to the lithological factor ;
c) the « *site* » level, or properly the biocenotic level, in the frame of our research, depending on the local climate, in connection with topography ;
d) the « *vegetation-spot* » level, taking into account the natural heterogeneity of the ground flora and of the forest soils. This is a partial expression of the microclimate.

This paper deals with the *region* of the St-Hubert-Nassogne plateau, where two *sectors* of the Eodevonian were studied. A first series of *sites* was established on a Siegenian shale-sandstone substratum in the St-Hubert forest, another in the Arville forest, on a Gedinnian substratum of a more siliceous shale-sandstone character. The *sites* studied belong to the group of « Sols Bruns Acides » with characteristic vegetation of the *Luzulo-Fagetum boreoatlanticum* (NOIRFALISE).

The main observations can be summarized as follows :

1) *Grain size distribution* : Generally the clay content increases from the lowest part of the slopes up to the interfluvial plateaux. The sub-soil changes with *sectors* and *sites* : on the lower part of the slopes, it is constituted of relatively sandy deposits of physical weathering, whereas on the plateaux, more or less impermeable paleo-pedological formations appear.

2) *Total organic matter* : The datas are global values, expressed by surface area, and concern the whole of the profile to a depth of 50 cm. The four observation levels chosen *a priori* showed clearly. The *region* level is characterized by a humification quality influencing the importance of holorganic horizons and the values of the litter *decomposition rates* $\frac{100\ L}{L + Ao}$ (where L = annual litter fall and Ao = holorganic horizons prior to leaf fall) (JENNY). The *sector* level is characterized by a shifting of the values when these are plotted against elevation, chosen as ecological reference factor (this factor includes several elements). The *site* level is especially noteworthy when the distribution curves of pedological values vs. elevation are examined ; these curves are roughly parrallel for both *sectors*. Besides, the exceptionnal *sites*, appearing only under special circumstances, show, at least for nitrogen, values deviating appreciably from the «*normal*» distribution curve. The *spot* level appears through values varying according to the absence or presence of vegetation, according to the nature and density of the ground flora.

3) *NaF-soluble organic matter* : Corroborating the above-mentioned observations, these values give objective information about the humus type definition, and show the influence of the lithological factor on humus dynamics (organo-mineral complexes).

4) « *Mobilisable* » *iron curves* : They are obtained by treating a set of samples of the same earth, each, with an increased concentration of oxalic acid. The shape of the curves, their position in relation to the abcissa, and the values of the $\frac{\text{« mobilisable » iron}}{\text{« free » iron}}$ ratio are characteristic of the humus types corresponding to the profiles studied.

5) *Acidity* : pH, exchangeable-H and -Al were determined during this research. The values illustrate vertical distribution laws varying with the general trend of humification. However, it should be pointed out that the exchangeable-H distribution is not always parallel to that of exchangeable-Al.

6) *First data about nutrient dynamics* : The observations reported in this paper deal only with the superficial holorganic layers. First of all, it can be noted that several absolute or relative values fluctuate around the same averages, being independent from the *sector* or *site* levels. Magnesium often appears as the best differenciating factor for the *sector* level ; it seems that bio-cyclical effects must be

added to the lithological factor. Once again, a special case allows the authors, to point out the importance of phosphorus in forest fertility problems.

As a conclusion to the First part of their research, the authors think that, in spite of limitations, it is reasonable to take into account the different observation levels chosen *a priori*, on the basis of previous forest observations. Besides, the use of humus as *site factor* makes evident the necessity of a classification on as precise as possible ecological bases. It seems that the first results give an indication of the possibility of using data concerning the nitrogen economy and indexes of biological circulation rate, as a basis for the humus type classification. The first results can be summarized as follows. The most generally observed humus forms belong to the *moder family*. This in turn can be subdivided into different *groups* :

— *mullous moder*, transition to the *acid mull* ;
— *typical moder*, corresponding to the maximum accumulation of organic matter ;
— climacic or anthropic *dysmoder*, transition to the *mor*.

The authors are also trying to subdivide *groups* into *sub-groups* and *types*, on the basis of the above-mentioned data.

The Second part of the report deals with *the botanical and forest description of the sites studied*.

The abundance-dominance coefficients used by the phytosociologists were completed by accurate measures of the covering of the different species of the ground flora. The results suggest the conclusion that the geological factor (*sector* level) introduces appreciable shading between *sites* taken as homologous on the basis of the used phytosociological map.

Compared with the results obtained elsewhere, the productivity measures made by the authors corroborated the practical signification of the phytosociological group as an *indicator* of the soil potential productivity, as far as the beech-woods of the Ardennes are concerned.

The Third part of this paper deals with *some of the aspects of the relations between the forest quality and the pedological characteristics of the studied sites*.

First of all, the authors justify the choice of *elevation* as ecological reference factor.

The shape of the pedological values distribution curves vs. elevation, compared with that of the curves obtained by expressions of the productivity, shows the important fact that, for equilibrated or climacic forest *sites*, conventionnal values of the productivity and pedological values appear only as *parallel* manifestations of the complete ecosystem properties and that connections between cause and effect should not be established.

The authors also point out the importance of the mode of expression of the result, from the point of view of practical forest ecology.

The study of the natural regeneration of beech trees began during this research, by numeration of seedlings prior to the 1960 beechmast, and of seedlings of that year, and by determination in the laboratory of the germinative properties of the 1960 beechnuts. The results allowed the authors to observe marked differences between *sectors* (geological factor). At the *site* level, no relation appeared between the values obtained and the potential productivity. As far as the seedlings coming from the 1960 beechmast are concerned, it can be pointed out that, between the

two seedling numeration period, the damping off percentage is of the same order of magnitude for both *sectors*. Finally it seems that there exists a good connection between the seedling numbers and the different values of the litter *decomposition rate coefficients*.

An example of the use of a *reference site* is given for the evaluation of pedological expressions of the phenomena of soil anthropic degradation.

This report ends with some considerations dealing with the nature and importance of ecological factors, mainly pedological ones, to be taken into account in forest typology. The authors think that, for every territory analysed, there exists a hierarchy of exo- or endo- edaphic factors, which it is possible to determine by means of observations made on different levels. In the region taken into account, the complex factor *elevation* appeared as the most interesting ; *but this conclusion cannot be extrapolated to other regions, without previous checking*. So, every territory must be submitted to a complete study. Besides, the observations about the natural regeneration suggest the conclusion that the ecological problems are different for wood productivity and for natural seedling installation.

So, a forest site map should, first of all, display an ecological factor hierarchy dealing with wood productivity, and also show ecopedological shadings which can play a rôle, for instance, in natural regeneration, in the case of secondary or artificial forests,... It is also possible that further research will underline the need for different maps, taking into account the problems which confront forestry technicians.

TABLE DES MATIÈRES